INTERNET DAS COISAS

Arquiteturas Teóricas e Metodológicas

Organizadores

Daniel Nascimento e Silva
Vitor Bremgartner da Frota
Alyson de Jesus dos Santos

Editora Poisson

Daniel Nascimento e Silva
Vitor Bremgartner da Frota
Alyson de Jesus dos Santos
(Organizadores)

Internet das Coisas

Arquiteturas Teóricas e Metodológicas

1ª Edição

Belo Horizonte

Editora Poisson

2023

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial
Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
MSc. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
MSc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
MSc. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

I61
Internet das Coisas: Arquiteturas Teóricas e Metodológicas/ Organizador: Daniel Nascimento e Silva, Vitor Bremgartner da Frota, Alyson de Jesus dos Santos – Belo Horizonte – MG: Editora Poisson, 2023

Formato: PDF
ISBN: 978-65-5866-298-3
DOI: 10.36229/978-65-5866-298-3

Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

1. Engenharia 2. Tecnologia. I. SILVA, Daniel Nascimento e II. FROTA,Vitor Bremgartner da III. SANTOS, Alyson de Jesus dos IV. Título.

CDD-620

Sônia Márcia Soares de Moura – CRB 6/1896

O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.
Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterada.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

Organizadores

Daniel Nascimento e Silva: Possui graduação em Administração pela Universidade Federal do Pará (1990), mestrado em Administração pela Universidade Federal de Santa Catarina (1995), doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2002) e pós-doutorado em Administração pela Universidade Federal de Santa Catarina (2019). Atualmente é professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM). Tem experiência na área de Administração, com ênfase em gestão de organizações amazônicas, atuando principalmente nos seguintes temas: administração pública, estratégias organizacionais, administração estratégica, planejamento estratégico e alianças estratégicas; e na área de Educação, desenvolvendo estudos sobre aprendizagem, mecanismos cerebrais e os fundamentos de uma nova educação planetária.

Vitor Bremgartner da Frota: Professor de Informática no Instituto Federal do Amazonas (IFAM). Doutor em Informática na área de Inteligência Artificial Aplicada à Educação pela Universidade Federal do Amazonas (2017). Mestre em Informática na mesma área pela Universidade Federal do Amazonas (2012). Possui graduação em Engenharia da Computação pela Universidade Federal do Amazonas (2009). Tem experiência na área de Sistemas Multiagente, Desenvolvimento de Software, Ambientes Virtuais de Aprendizagem, Robótica Educacional, Internet das Coisas e Cultura Maker. Coordenador do primeiro curso de Especialização em Internet das Coisas pelo IFAM. Docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Educação Profissional e Tecnológica (ProfEPT) do IFAM e pesquisador do Polo de Inovação do IFAM (INOVA).

Alyson de Jesus dos Santos: Doutor em Engenharia Elétrica na COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro (2016), Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Amazonas (2011), graduação em Engenharia da Computação pelo Instituto de Tecnologia da Amazônia (2003). É Professor do Ensino Básico Técnico Tecnológico (EBTT) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Amazonas (IFAM) - Campus Manaus Distrito Industrial (CMDI). Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em comunicações móveis (Redes Veiculares e Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões, roteamento e mobilidade), Ciência de redes, Internet das Coisas e Computação em Nuvem. Realizou Doutorado Sanduíche no Exterior (SWE/CNPq) no Laboratoire Informatique, Image et Interaction (L3i) - Université de La Rochelle - France (2015-2016).

Prefácio

As tecnologias de informações e comunicações vêm transformando completamente todas as realidades em todos os rincões planetários. Não seria exagero afirmar que elas estão remodelando ou reconstruindo o mundo. Se se comparar, por exemplo, romances futuristas do passado, como os de Júlio Verne, perceber-se-á que o cotidiano atual é muito mais ousado e desafiador. Essa constatação vale tanto para os inúmeros benefícios que a tecnologia tem proporcionado quanto, infelizmente, à capacidade humana de utilizá-la para fazer o mal. A Internet das Coisas é uma dessas tecnologias que caminha a passos largos e robustos com o intuito de dar uma pequena "parcela de vida" aos objetos. Se a frase inicial da divindade para a criação do mundo foi "fiat lux" (que haja luz), os cientistas têm procurado fazer com que cada objeto "vitam habere" (tenha vida).

A tecnologia, cada vez mais, tem florescido como produto dos conhecimentos científicos. E conhecimento científico se faz com a aplicação do método científico e com conhecimentos científicos recentes como matéria-prima. Todos os grandes cientistas procederem dessa forma e seus legados ainda podem ser utilizados até hoje. Mas esse proceder tem sido deixado de lado por algum motivo ainda desconhecido entre os estudantes e professores brasileiros de muitas formações profissionais que utilizam as tecnologias de informações e comunicações. Os cientistas criam arquiteturas mentais para em seguidas testá-las empiricamente, mas o fazem a partir do levantamento da literatura recente e mediata. E quando o fazem, geralmente é distante dos estudantes ou sem o seu acompanhamento. Isso parece dar a impressão de que essas criações são frutos exclusivos de intuições, como se fossem uma espécie de autopsicografia. Mas isso é apenas impressão.

Este livro é fruto de exemplificações de como os cientistas procedem para fazer o levantamento da literatura e construir suas arquiteturas teóricas e, sem seguida, elaborar o esquema de testes de realidade, para aferir se elas são ou não consistentes e válidas, que são as arquiteturas teóricas. Os cientistas são brilhantes arquitetos. Eles arquitetam supostos comportamentos da realidade para gerar conhecimentos científicos de uma forma distinta de como arquitetam a materialização de artefatos físicos, as tecnologias. No campo da Internet das Coisas, essas duas arquiteturas estão incrivelmente interconectadas, de maneira que à medida que se avança na construção da arquitetura teórica, um passo altamente significativo é dado também na edificação da arquitetura metodológica, que nada mais é dos que os procedimentos e materiais a serem utilizados na construção da tecnologia.

Ainda é muito comum que alunos e professores sejam flagrados copiando modelos criados em blogs e páginas pessoais de curiosos das tecnologias de informações e comunicações. Como essas fontes desconhecem e não seguem padrões científicos e tecnológicos, o tempo que se perde para acoplá-los a outros esquemas é extremamente grande. Se forem substituídos pelo que a ciência já sabe, a construção das arquiteturas não apenas é agilizada, mas também acopladas a um esforço maior, planetário, de se fazer avançar os conhecimentos de cada área, tanto na expansão de suas fronteiras quanto no preenchimento de lacunas existentes.

Assim, esta obra vem suprir uma grande carência ainda existente nos campos pedagógicos, científicos e tecnológicos da formação de profissionais e de cientistas em território brasileiro. Ela descreve seis tipos distintos e interconectados de arquiteturas teórico-metodológicas que costumeiramente são utilizadas pelos cientistas para produzirem conhecimentos e artefatos tecnológicos. Sua intenção é fazer avançar na qualidade dos profissionais formados nessas diferentes áreas quanto na qualidade da produção científica nacional e dos produtos tecnológicos dela oriundos. Não temos dúvidas de que o livro será um grande sucesso porque diversos cientistas e líderes de grupos de pesquisas esperam essa publicação para que possam utilizá-la no aprendizado e na produção tecnológica.

Este livro foi elaborado no contexto do primeiro curso de Especialização em Internet das Coisas no Instituto Federal do Amazonas Campus Manaus Distrito Industrial (IFAM CMDI), iniciado em junho de 2021. Estávamos em um momento crucial de pandemia de Covid-19 e muitas aulas precisaram ser on-line. No entanto, o dinamismo dos docentes e a competência dos alunos partícipes foram decisivos para que o curso fosse um sucesso. Este curso foi apoiado pelo Projeto de P, D & I ARANOUÁ, realizado pelo IFAM em parceria com a Samsung Eletrônica da Amazônia Ltda. (SEDA), a quem somos muito gratos.

Manaus, Amazonas, junho de 2023.

Daniel Nascimento e Silva

Vitor Bremgartner da Frota

Alyson de Jesus dos Santos

SUMÁRIO

Capítulo 1: Arquiteturas teóricas e metodológicas: A proposta do método científico-tecnológico (MC-T) 09

Daniel Nascimento e Silva, Vitor Bremgartner da Frota, Alyson de Jesus dos Santos

DOI: 10.36229/978-65-5866-298-3.CAP.01

Capítulo 2: Internet das coisas e wearables: Uma proposta de definição conceitual a partir do estado da arte 27

Charlene Souza de Queiroz, Alyson de Jesus dos Santos, Vitor Bremgartner da Frota, Daniel Nascimento e Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-298-3.CAP.02

Capítulo 3: Componentes de um sistema de validação de informações passível de ser aplicado na área da saúde utilizando a tangle da IOTA em internet das coisas..... 41

Felipe de Menezes Santos, Gilbert Breves Martins, Alyson de Jesus dos Santos, Vitor Bremgartner da Frota, Daniel Nascimento e Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-298-3.CAP.03

Capítulo 4: Uma proposta de etapas de criptografia no ambiente da internet das coisas 54

Gilson Farias Belém, Alyson de Jesus dos Santos, Vitor Bremgartner da Frota, Daniel Nascimento e Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-298-3.CAP.04

Capítulo 5: Desenvolvimento de uma plataforma IOT para manutenção preditiva de máquinas..... 70

Jailson Bina da Silva, Alyson de Jesus dos Santos, Vitor Bremgartner da Frota, Daniel Nascimento e Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-298-3.CAP.05

Capítulo 6: Inteligência artificial aplicada em semáforo inteligente 82

Ládson Danley Aguiar Vale, Alyson de Jesus dos Santos, Vitor Bremgartner da Frota, Daniel Nascimento e Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-298-3.CAP.06

Capítulo 7: Sistema de monitoramento: Uma proposta de definição conceitual a partir do estado da arte 90

Ladislau Sandoval Vasconcelos Filho, Alyson de Jesus dos Santos, Vitor Bremgartner da Frota, Daniel Nascimento e Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-298-3.CAP.07

SUMÁRIO

Capítulo 8: Um sistema para comunicação nas dependências de instituições usando NODEMCU 101

Nora Neyse Torres da Cunha, Alyson de Jesus dos Santos, Vitor Bremgartner da Frota, Daniel Nascimento e Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-298-3.CAP.08

Capítulo 9: Rede de câmeras sem fio para monitoramento de áreas rurais totalmente desconectadas..... 112

Paulino Júnior Silva Costa, Alyson de Jesus dos Santos, Vitor Bremgartner da Frota, Daniel Nascimento e Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-298-3.CAP.09

Capítulo 10: Sistema de monitoramento de enchentes e inundações desenvolvida com tecnologia de IOT..... 122

Rafael Costa Velas, Alyson de Jesus dos Santos, Vitor Bremgartner da Frota, Daniel Nascimento e Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-298-3.CAP.10

Capítulo 11: Sistema de monitoramento de consumo de energia em estações remotas com método fuzzy 131

Ronaldo de Andrade Ramalho, Alyson de Jesus dos Santos, Vitor Bremgartner da Frota, Daniel Nascimento e Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-298-3.CAP.11

Capítulo 1

Arquiteturas teóricas e metodológicas: A proposta do método científico-tecnológico (MC-T)

Daniel Nascimento e Silva, Vitor Bremgartner da Frota, Alyson de Jesus dos Santos

1. INTRODUÇÃO

A ciência é um grande esforço da humanidade para entender e explicar a realidade em suas multiplicidades de manifestações. Ao mesmo tempo, é um desafio ao pensamento humano para a aprendizado contínua (SARI et al., 2023), como exercício constante de desenvolvimento de nossa capacidade cognitiva. Também é uma relação de curiosidade finalística (KERGEL, 2023), de natureza epistêmica, onde os fundamentos da realidade são buscados de forma racional, para que se possa descobrir como as coisas funcionam (STAMPER, 2023). Em suas conotações planetárias, a ciência tem se transformando em uma complexa rede auto-organizada composta de ideias, planos, projetos, investimentos e publicações (CORREA, 2022). Ainda que metaforicamente, pode-se dizer que já há um universo da ciência, organizado e sistematizado, construído por uma metodologia específica (ALBUQUERQUE, 2022), que permite tanto a compreensão do mundo quanto o teste dessa compreensão. É no escopo metodológico que se instauram as arquiteturas teóricas e metodológicas.

As arquiteturas teóricas e metodológicas da ciência levam em conta a ideia de auto-organização. A principal característica dos fenômenos auto-organizacionais é sua elevada independência de controles externos. Como a prática da ciência é, de fato, a construção de arquiteturas teóricas e metodológicas, elaboradas pelos cientistas isoladamente ou em grupos, é quase impossível que se possa controlar todo o edifício científico planetário. É através dessa prática, por exemplo, as estruturas científicas emergem (LOHMANN et al., 2023) e as leis das probabilidades se tornam conhecidas e operacionalizadas (CHERNYSHEV; CHERNYSHEV, 2022). Ainda que financiadores e governos, por outro lado, busquem direcionar o destino científico, o desconhecido age de uma forma tal que praticamente anula essas tentativas de influências externas. A ciência muda, mas como decorrência de seu mecanismo de auto-organização, como se pode depreender da definição do estudo de Jimenez et al. (2022), como extensão daquilo que acontece com organelas e complexos macromoleculares (ISAEVA, 2022).

A prática da ciência de ponta, portanto, exige sólida formação de cientistas que compreendam e saibam construir arquiteturas teóricas e suas consequentes arquiteturas metodológicas. E isso é recomendado que seja iniciado no ensino mais elementar, preparando e desenvolvendo a capacidade cognitiva das pessoas para a complexidade do mundo e da vida que a ciência enfrenta todos os dias. Ao invés da ilusão da verdade única e da única explicação possível, que é própria de uma visão do passado, a ciência descortina um universo completamente diferente, das multiplicas possibilidades. A ciência não trata da verdade. A ciência lida com probabilidades. E, enquanto probabilidade, apresenta uma variedade muito grande de explicações para o mesmo fato ou fenômeno do mundo. E

ainda que muitos deles se mostrem contraditórios, a contradição é apenas aparente, materialização da incompletude daquilo que se sabe. Na ciência não existe contradição. O que há é incompreensão.

A débil ou inexistente formação científica de grande parte dos docentes de cursos superiores no Brasil levou a uma prática que pode até ser considerada anticientífica, com o sentido de negar os procedimentos científicos e a prática dos cientistas. Tanto é assim que grande parte dos trabalhos acadêmicos de disciplinas e de conclusão de curso apresentam como referências massivas blogs e páginas da internet. Isso sinaliza que esses trabalham desconhecem as bases científicas de dados e, consequentemente, o que a ciência sabe sobre aqueles assuntos sobre os quais seus trabalhos deveriam tratar. Como a maior parte desses meios digitais é mantida e elaborada por quem tem fraca ou nenhuma formação acadêmica, os trabalhos acadêmicos são estruturados a partir de dados e informações assistemáticos e não confiáveis. Como todo produto depende da qualidade de suas matérias-primas, esses trabalhos acadêmicos carecem de consistência e validade, que os cientistas costumam chamar de "lixo acadêmico".

Neste sentido, este estudo teve como objetivo explicar o que são arquiteturas teóricas e metodológicas direcionadas para a produção tecnológica. Para isso, está organizado em três partes. A primeira mostra a definição conceitual de arquitetura teórica como manuseio do estoque de conhecimentos científicos com vistas à produção de conhecimentos e seu consequente uso para a produção de tecnologias. A segunda descreve as arquiteturas metodológicas enquanto forma através da qual a arquitetura teórica elaborada é testada para gerar as confirmações e/ou refutações que serão utilizadas para a produção de algum artefato tecnológico. A terceira parte apresenta as seis arquiteturas previstas pelo método científico-tecnológico (MC-T). Além da conclusão, completam este ensaio as referências bibliográficas utilizadas para ilustrar e fundamentar as suas explicações.

2. ARQUITETURAS TEÓRICAS

Uma arquitetura pode ser tomada como uma ideação dos componentes principais de alguma coisa, como se pode perceber a partir das definições contidas nos estudos de Patel et al. (2019), Paitwar et al. (2021), Unverdorben, Böhm e Lüder (2019) e Drego (2022). Como toda ideia, cada arquitetura é uma abstração, algo que existe na mente das pessoas, mas que se pode vê-lo a partir de algum tipo de representação. Os arquitetos e engenheiros elaboram maquetes e diversos tipos de desenhos técnicos para mostrar materialmente aquilo que só habita as suas mentes. A mesma estratégia é utilizada por matemáticos e astrofísicos para externalizar os seus pensamentos acerca do universo e seus componentes. Com os cientistas e a prática da ciência não poderia ser diferente. É por isso que tudo aquilo que representam de alguma forma é chamado de arquitetura teórica.

As arquiteturas teóricas são uma espécie de fotografia de algum esquema lógico que será ou não testado posteriormente. Os cientistas primeiro elaboram a representação, o desenho, para depois testarem se aquele desenho está ou não de acordo com a realidade. Dito de outra forma, todo desenho que os cientistas fazem é uma espécie de representação de como a realidade se comporta. Falado de forma científica, toda arquitetura teórica é uma hipótese, uma explicação provisória. Como é provisória, ela precisa ser testada e aferida sua adequação para se transformar em uma teoria. É por isso que o estudo de Rosenbloom (2023) mostra que as arquiteturas teóricas podem ser vistas como uma

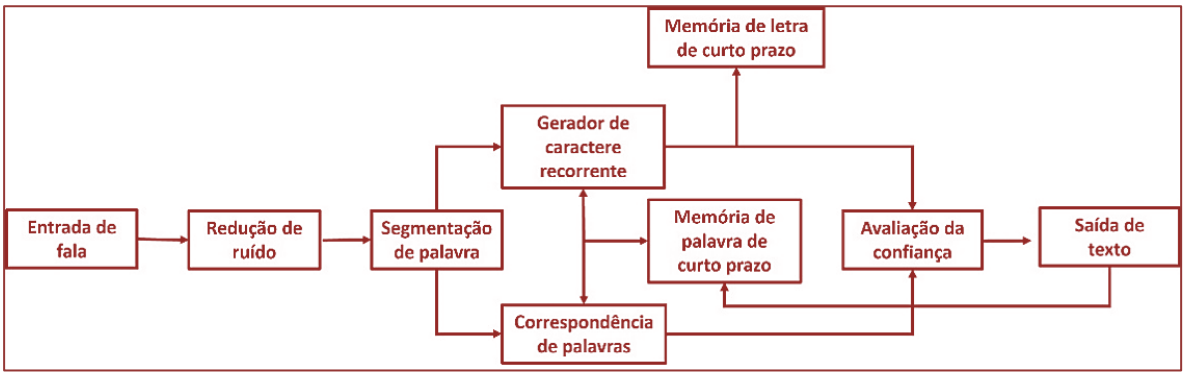
teoria em ou uma parte de uma teoria mais ampla. Isso porque é possível a representação de uma parte de um todo.

Os cientistas constroem arquiteturas teóricas porque elas facilitam a elaboração de projetos, análises e comparações com o comportamento da realidade (FERRER, 2018). Elas são, portanto, uma descrição de um objeto ou entidade (WILLIAMS; SHEWCHUK; MOODIE, 2012) enquanto modelos que mostram em primeiro plano suas estruturas, funcionais, processuais e/ou relacionais do mundo. Uma de suas finalidades essenciais é permitir ver, perceber seu design, sua evolução (UNVERDORBEN; BÖHM; LÜDER, 2019). Assim, embora seja possível a construção de arquiteturas teóricas sem uma representação pictórica, imagética, nos mais variados campos da ciência a cada dia isso se torna menos comum, inclusive naquelas áreas em que a lógica, a matemática e seus desdobramentos não são vistos com bons olhos.

No campo da engenharia e da internet das coisas, a construção de arquiteturas teóricas tem sido a grande responsável tanto pela expansão dos estoques de conhecimentos quanto pela multiplicação crescente de tecnologias delas decorrentes. O estudo de Latha, Reddy e Babu (2023), por exemplo, criou uma arquitetura teórica para a escalabilidade de sistemas multiagentes portáteis, cujos resultados experimentais ainda se encontram restritos à concepção teórica. Okada et al. (2022) desenvolvera uma arquitetura teórica para explicar a interação entre séries temporais correlacionadas e a evolução da tomada de decisão, de maneira que se pudesse vislumbrar o aperfeiçoamento decisório a partir do aprendizado que as decisões são capazes de proporcionar. Um terceiro exemplo de aplicação de arquiteturas teóricas para dar conta de necessidades operacionais é o de Berdugo et al. (2022), voltado para as competências gerenciais no contexto universitário, mas centrado em um fenômeno ainda considerado por muitos campos como extremamente abstrato, que é a inteligência emocional. Um quarto estudo também pode ser considerado muito desafiador, desenvolvido por Song et al. (2022), que analisou o papel da aglomeração industrial de alta tecnologia na transformação verde e modernização da indústria manufatureira na China, cuja representação da arquitetura teórica foi totalmente matemática.

O mais comum, contudo, são os usos de figuras e diagramas para a representação das arquiteturas teóricas. Um exemplo, dentre milhares de outros encontrados nas bases científicas de dados, é o de Mridha et al. (2022, p. 3450), que pode ser visto na figura 1. Esse estudo utilizou a inteligência artificial com o intuito de se construir uma tecnologia capaz de fazer o reconhecido da fala Bengali. Esse tipo de representação tem como matéria-prima os conhecimentos disponíveis nas bases científicas de dados que são manuseados de uma forma tal que se aproxima do que se faz no campo da arte. A arquitetura permite ver com precisão o que se passa na mente do cientista e os caminhos que os diversos conhecimentos percorrerão para materializar a tecnologia que eles têm em mente.

Figura 1. Exemplo de arquitetura teórica.

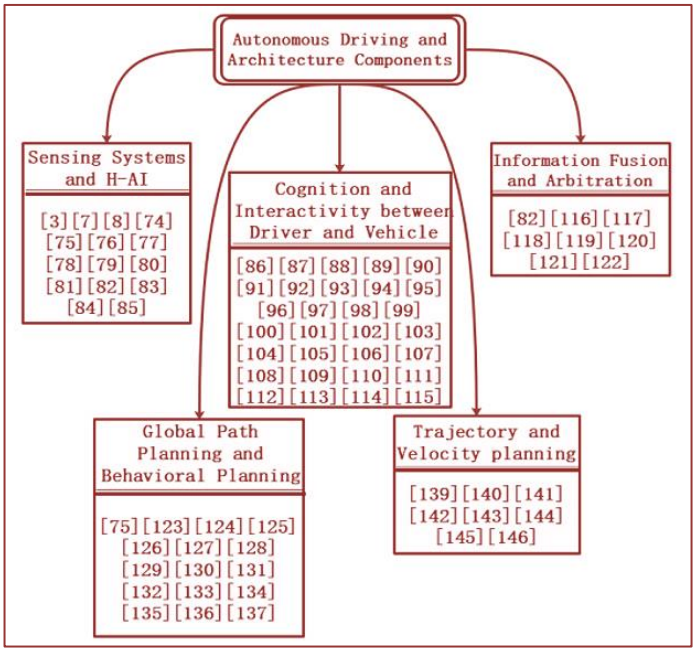


Fonte: Mridha (2022, p. 3450).

No campo das tecnologias da informação e comunicação é muito comum a elaboração de arquiteturas teóricas. Na verdade, essa talvez seja a área do conhecimento humano que mais tem utilizado desses recursos. As próprias metodologias de produção de softwares e aplicativos, por exemplo, são estruturadas tanto em forma processual quanto relacional. Um dentre inúmeros casos que se pode encontrar nas bases científicas de dados é o do estudo de Ning et al. (2021), cuja foco foi a inteligência humana-artificial híbrida para materializar a direção autônoma. Note a partir da figura 2, a quantidade de estudos que forneceram dados e informações para que os cientistas pudessem manuseá-los para a construção da arquitetura teórica do estudo. Cada bloco retangular identifica o assunto central sobre o qual os cientistas precisaram se concentrar para compreender com profundidade. Os números entre colchetes identificam os estudos específicos, extraídos das referências bibliográficas.

Na parte superior, ao centro, aparece o nome da arquitetura: “Condução autônoma: componentes de arquitetura”. Abaixo, da esquerda para a direita, têm-se a listagem de estudos que permitiu compreender os sistemas de detecção humano-inteligência artificial, como se dá a cognição e a interatividade entre motorista e veículo e a fusão de informações e arbitragem. Abaixo, à esquerda, se têm as fontes sobre planejamento de caminho global e planejamento comportamental e, à direita, o planejamento de trajetória de velocidade. Percebe-se que cognição e interatividade forneceram mais dados e informações, talvez decorrente de um estoque mais robusto de conhecimentos científicos e tecnológicos, enquanto fusão de informações e arbitragem teve um número menor, que pode representar ainda uma certa carência de compreensão científica. Mas o que se quer mostrar aqui é que toda arquitetura teórica é quase sempre o manuseio de conhecimentos para a produção de uma figura representativa, tal qual procede o artesão para transformar suas matérias-primas em verdadeiras obras de arte.

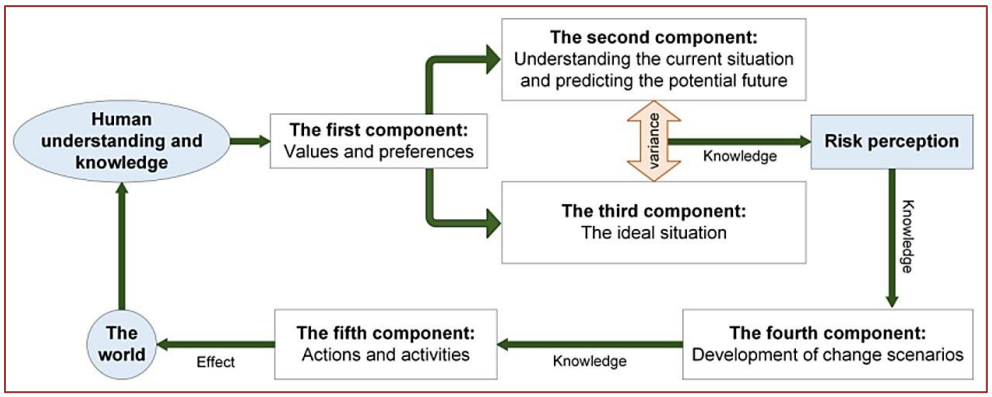
Figura 2. Exemplo de fontes da arquitetura teórica.



Fonte: Ning et al. (2021, p. 6017).

Há muitas teorias que são, por si só, verdadeiras arquiteturas. É o caso, por exemplo, da teoria dos sistemas, que permitem tanto entender o comportamento de uma série de fatos e fenômenos do mundo, como os padrões de certificações transnacionais, como relatados no estudo de Gillespie e Do (2022), quanto representar situações da realidade extremamente complexas, como é o caso, como entender as órbitas combinatórias, em estudos astronômicos (LANGFORD; WEISS, 2023), e o uso de resultados não lineares e complexos na medicina manual osteopática (CHING et al., 2023). Essa teoria é tão singela que se é capaz de mentalizá-la apenas com a sua descrição. Ela descreve como um conjunto de entradas pode ser transformado em alguma coisa (como um produto, uma solução para um problema etc.); se essa coisa não sair conforme planejado, utiliza um mecanismo de retificação para realizar o conserto e fazer com que os resultados estejam conforme o planejado. É o que está representando na arquitetura teórica da figura 3.

Figura 3. Exemplo de arquitetura teórica com a teoria dos sistemas.



Fonte: Javanmardi; Liu; Xie (2023, p. 34).

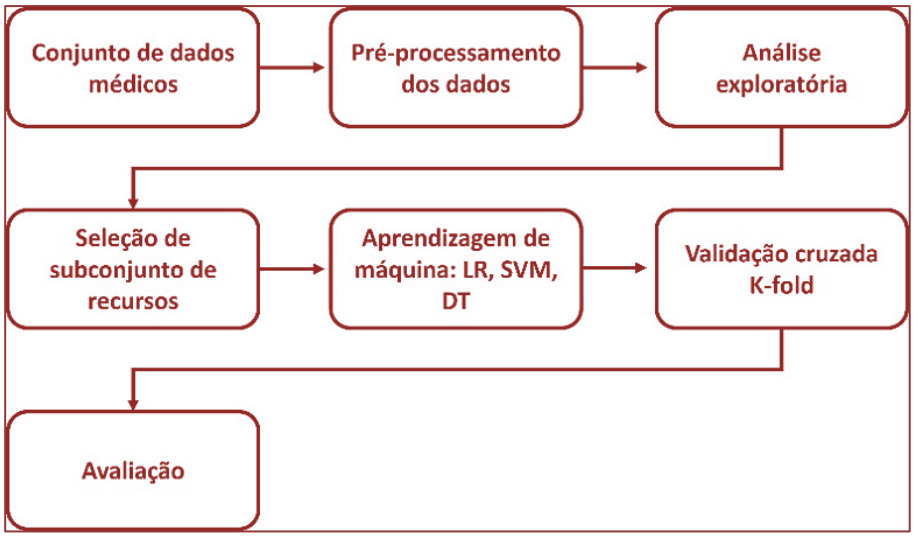
Percebe-se que a teoria dos sistemas é uma profícua arquitetura teórica que permite que se entenda determinada realidade a partir da visualização de sua representação. E não é necessário que se domine determinada língua para identificar a aplicação dessa teoria em alguma representação pictórica. A figura 3 mostra que o que está do lado esquerdo (compreensão e conhecimento humano) é a matéria-prima que vai ser transformada a partir de três componentes para gerar como resultado a percepção do risco. A percepção é conhecimento que vai ser utilizado para gerar novos conhecimentos e assim permitir melhor compreensão do mundo que, por sua vez, servirá de novas entradas para um novo processamento. Não é difícil entender que cada pedacinho do desenho foi elaborado pelo manuseio de dados e informações exclusivos de estudos científicos.

3. ARQUITETURAS METODOLÓGICAS

As arquiteturas metodológicas são muito comuns na produção científica internacional, mas extremamente raras em muitas áreas da ciência brasileira. Nas chamadas ciências humanas são praticamente inexistentes, enquanto nas ditas sociais aplicadas de vez em quando é possível encontrar alguma. Sem arquitetura metodológico é praticamente impossível fazer a replicação do estudo, exigência básica para quando houver dúvida acerca da validade dos resultados da pesquisa. A replicação é a possibilidade de se refazer a investigação para realizar a aferição dos seus resultados, uma vez que a ciência só consegue dar conta de fatos e fenômenos que se repetem. O desafio dos cientistas, portanto, é desenhar uma arquitetura teórica capaz de permitir alcançar os objetivos desejados pelo projeto de investigação. Quando a pesquisa foi realizada, o manuscrito ou relatório tem que retratar com exatidão o percurso metodológico para que seja possível a sua replicação.

Na literatura científica internacional as arquiteturas metodológicas também são chamadas de desenho do estudo. A figura 4 apresenta um exemplo típico dessas arquiteturas. Há uma variedade muito grande de representação das arquiteturas metodológicas. Neste caso, o esquema lógico utilizado foi a linha do tempo. Note que a primeira etapa da pesquisa foi a coleta de um conjunto de dados médicos, seguida pela etapa de pré-processamento dos dados. A terceira etapa foi a análise exploratória, seguida da seleção de subconjuntos de recursos, na quarta etapa, e pelo uso da aprendizagem de máquina, na quinta. Na sexta foi feita uma validação cruzada do tipo K-fold e na sétima e última etapa procedeu-se à avaliação. Esse estudo fez uma comparação de seleção de recursos para dados de doenças hepáticas.

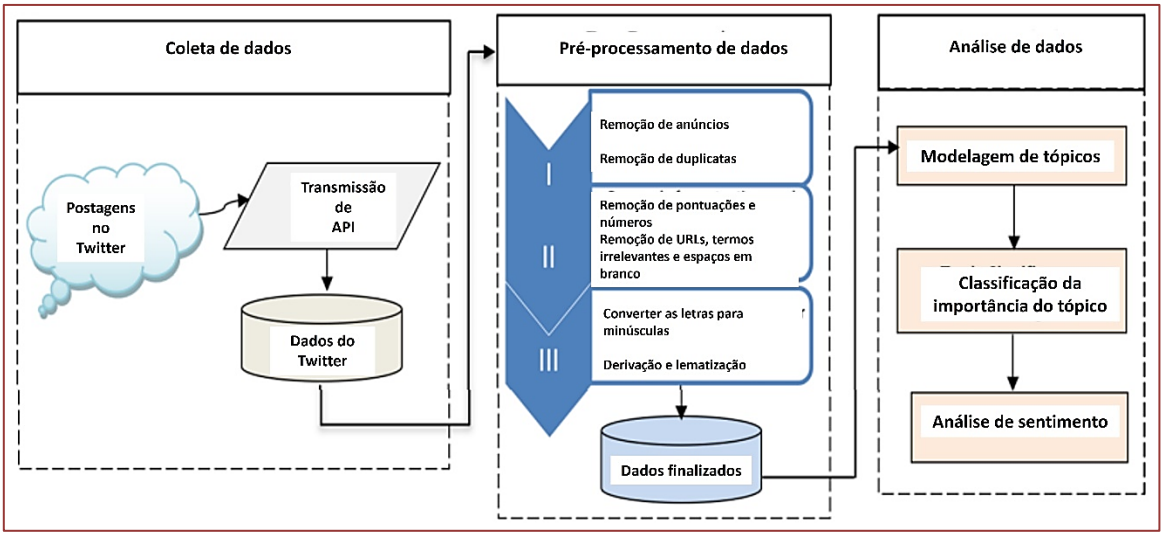
Figura 4. Exemplo de arquitetura metodológica



Fonte: Pillay et al. (2023, p. 1).

Esse primeiro exemplo de arquitetura metodológica chama a atenção por alguns aspectos fundamentais. O primeiro é que ela só pode ser entendida por especialistas em investigações científicas, os cientistas. Disso advém o fato de que quando uma arquitetura metodológica é observada e não é compreendida, ou o observador não é da área de estudo que a arquitetura representa ou não é um cientista. O segundo aspecto é o caráter cronológico de sucessão de atividades que marca a grande maioria das arquiteturas metodológicas. De fato, elas têm exatamente essa função: dizer o que foi feito ao longo do tempo. A forma como cada etapa foi feita e os materiais que manuseou obrigatoriamente precisam estar detalhadamente descritos no texto. A arquitetura, assim, cumpre o papel de visualização panorâmica do empreendimento científico realizado.

Figura 5. Segundo exemplo de arquitetura metodológica.



Fonte: Singh; Glinska-Newes, 2022, p. 4).

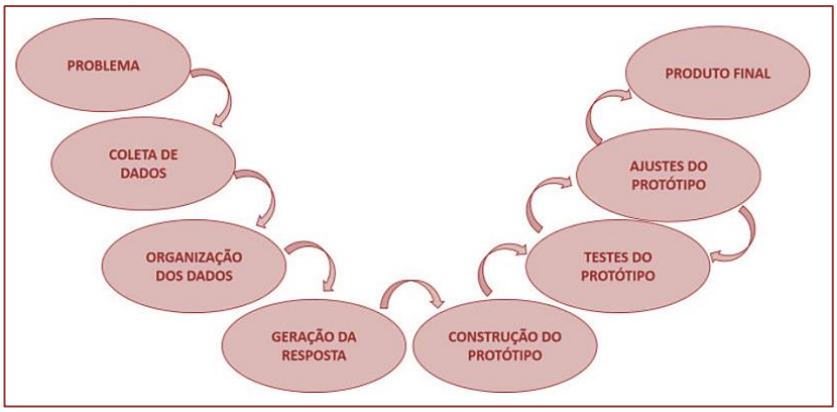
A figura 5 mostra uma arquitetura teórica de um estudo que teve como objetivo identificar os tópicos que os usuários postam no Twitter sobre alimentos orgânicos e analisar o sentimento baseado em emoção desses tweets, elaborado por Singh e Glinska-Newes (2022). Perceba novamente os dois principais aspectos, obrigatórios, que as arquiteturas teóricas precisam apresentar. A linha do tempo aparece da esquerda para a direita em três grandes conjuntos de etapas: coleta dos dados, pré-processamento dos dados e análise dos dados, que são o segundo aspecto fundamental e obrigatório das arquiteturas metodológicas. Essa arquitetura vais mais longe: ela detalha as atividades que foram desenvolvidas em cada um dos três grandes blocos de atividades, ou seja, ela diz quais foram as atividades executadas em cada etapa. Veja que, na primeira, foram coletados os dados das postagens, feita a transmissão de API e alocados os dados. A segunda etapa teve três blocos de atividades, cada qual com três subatividades executadas. A terceira etapa aconteceu também em três atividades. Além disso, a arquitetura mostra as conexões entre as etapas, isto é, de onde partiu e para onde foi o resultado da última atividade de cada etapa. Esse detalhamento foi tão bem elaborado que é possível a reprodução do estudo apenas analisando-se as etapas e atividades – se alguma dúvida restar, basta ler os detalhes em forma de texto acima e abaixo da figura.

O que queremos mostrar, aqui, é que sem arquiteturas metodológicas, na prática, não há ciência. As arquiteturas metodológicas permitem avaliar a consistência dos procedimentos científicos aplicados em uma investigação e a aferição acerca da validade dos resultados apresentados. Em última instância, as arquiteturas metodológicas são, em essência, a própria metodologia da pesquisa. Essa é uma questão fundamental que os manuscritos publicados no Brasil em muitas áreas do conhecimento desconhecem completamente. O que se vê, por exemplo, nas seções de metodologias de quase todos esses estudos são dimensões pedagógicas e taxonômicas de pesquisa cuja importância é para os apedeutas, iniciantes no universo da investigação científica. Desconhecem que a seção de metodologia tem o desafio de mostrar como os resultados da pesquisa foram gerados e não dar aulas de o que é pesquisa qualitativa ou quantitativa, população e amostra, sujeitos e respondentes e assim por diante.

4. ARQUITETURAS COM O USO DO MC-T

O método científico-tecnológico (MC-T), desenvolvido por Nascimento-e-Silva (2020; 2021a; 2021b; 2021c; 2023a; 2023b; 2023c). O MC-T é direcionado para a geração de tecnologias, invenção de artefatos de base científica, e é composto de duas dimensões. A primeira é denominada científica e nada mais é do que a reorganização do método científico em quatro etapas. A primeira etapa é a de problematização, que é executada através da formulação da pergunta de pesquisa principal e acessórias, conjuntamente com os seus padrões de resposta. A segunda etapa consiste na coleta de dados nas bases científicas de dados para a geração das respostas às perguntas planejadas. A terceira etapa é a organização desses dados em conformidade com os padrões de respostas e a quarta e última é a apresentação das respostas encontradas. Se o procedimento de consulta às bases científicas de dados se mostrar infrutífero, é necessário que as mesmas etapas sejam executadas em trabalho de campo, para a geração de descobertas científicas que tragam as respostas às perguntas formuladas. A figura 6 mostra essas etapas.

Figura 6. Etapas do MC-T.



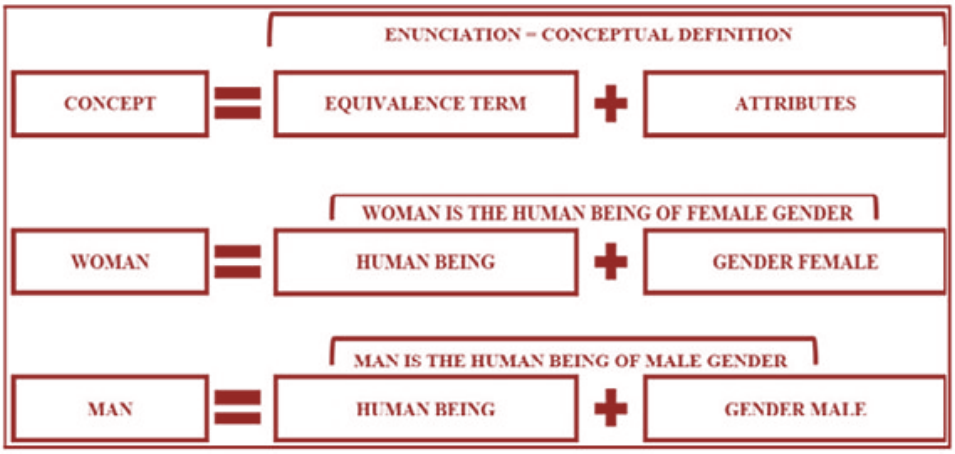
Fonte: Nascimento-e-Silva (2020, p. 11).

A segunda dimensão foi denominada tecnológica e é originária da engenharia de produtos e tem como finalidade transformar conhecimentos científicos disponíveis em bases de dados (como os utilizados para elaborar arquiteturas teóricas) ou gerados a partir de estudos empíricos originais em produto tecnológico. De forma semelhante ao realizado com o método científico, a engenharia de produtos foi organizada em quatro etapas. A primeira é a etapa de prototipagem, que consiste, primeiro, na representação pictórica da tecnologia e, depois, na primeira versão completa do futuro produto. A segunda etapa é a realização dos testes a que o protótipo precisa se submeter para que se tenha a garantia de que proporcionará os benefícios que pretende entregar aos seus clientes e usuários com segurança e a um custo que eles possam pagar e que gere benefícios financeiros à equipe de cientistas ou suas organizações. A terceira etapa é a fase de ajustes naqueles resultados insatisfatórios obtidos na fase anterior. A fase de testagem é repetida (agora chamada de reteste), seguida de novos ajustes (agora chamados de reajustes), até que o protótipo consiga passar em todos os testes. A quarta etapa só tem início propriamente quando o protótipo for considerado um produto e consiste em uma série de atividades que culminam com a entrega do produto tecnológico aos seus clientes e usuários. O MC-T prevê seis tipos de arquiteturas para a geração de qualquer tipo de tecnologia ou produto tecnológico: conceitual, estrutural, processual, funcional, relacional e ambiental. Vejamos cada uma delas sucintamente.

4.1. A ARQUITETURA CONCEITUAL

A arquitetura conceitual tem o desafio de representar esquematicamente as respostas às questões de pesquisas do tipo “O que é?”. As respostas obtidas configuram as definições conceituais, cuja estrutura é composta de duas partes bem distintas. A primeira é chamada de termo de termo de equivalência e a segunda, atributos. Tome-se o caso da pergunta “o que é homem?” e o exemplo da resposta “homem é o ser humano do sexo masculino”. Daí temos que “homem” é o conceito a ser definido (descrito), “ser humano” é o termo de equivalência e “sexo masculino” é o seu atributo, como exemplificado na figura 7. Dessa forma, a arquitetura teórica decorrente é a representação de todas as respostas encontradas na literatura (e na prática, no caso de estudos empíricos). Essas respostas permitem que sejam identificadas a) as principais abordagens sobre o fenômeno em análise, b) os limites do conhecimento científico disponíveis e c) os principais aspectos caracterizadores desses conceitos.

Figura 7. Exemplo de arquitetura conceitual



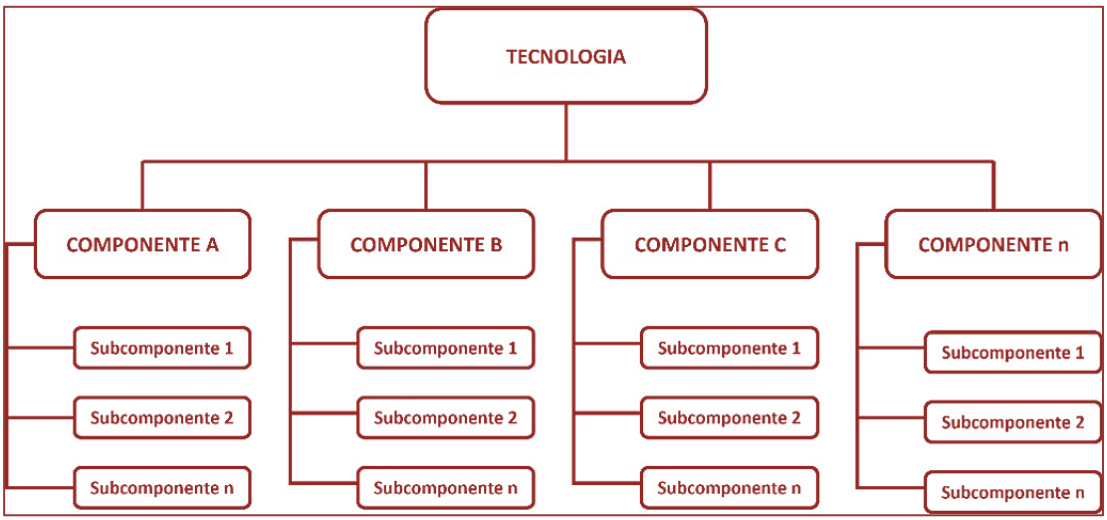
Fonte: Simões e Nascimento-e-Silva (2020, p. 280).

A arquitetura metodológica das questões conceituais geralmente segue o próprio procedimento de execução do MC-T: a) formulação do problema, b) coleta dos dados, c) organização dos dados e d) apresentação das respostas. Em termos de estrutura documental, a redação apresenta 1) as questões norteadoras, 2) o desenho do estudo (a arquitetura metodológica seguida para gerar os resultados), 3) população e amostra ou sujeitos, 4) descrição do instrumento de coleta de dados, 5) estratégia de coleta dos dados, 6) técnicas de análise e organização dos dados, 7) técnicas de geração e interpretação dos resultados e 8) limitações do estudo. Essa arquitetura permite a replicação de qualquer estudo conceitual.

4.2. A ARQUITETURA ESTRUTURAL

A arquitetura estrutural, como o próprio nome sugere, tem o desafio de gerar a representação de um determinado fenômeno ou tecnologia a partir da identificação de cada um de seus elementos constituintes. Metaforicamente falando, é como se os cientistas fizessem uma radiografia daquilo que pretendem construir (no caso de tecnologias) ou explicar (no caso das revisões de literatura). Essa arquitetura responde questões do tipo “Quais são os componentes de?”. Como mostra o exemplo genérico contido na figura 8, as respostas começam com a delimitação conceitual da tecnologia, portanto, com o uso da arquitetura conceitual e prosseguem com a identificação e descrição dos componentes, que são as maiores partes que compõem o fenômeno ou a tecnologia. Em muitos casos, os componentes são compostos por elementos menores, chamados de subcomponentes, que também precisam estar representados na arquitetura. Se os componentes forem constituídos por elementos menores, o que é muito comum, também estes precisam fazer parte da figura, configurando o que muitas vezes se chamam de desenho técnico do fenômeno ou tecnologia.

Figura 8. Esquema genérico de arquitetura estrutural



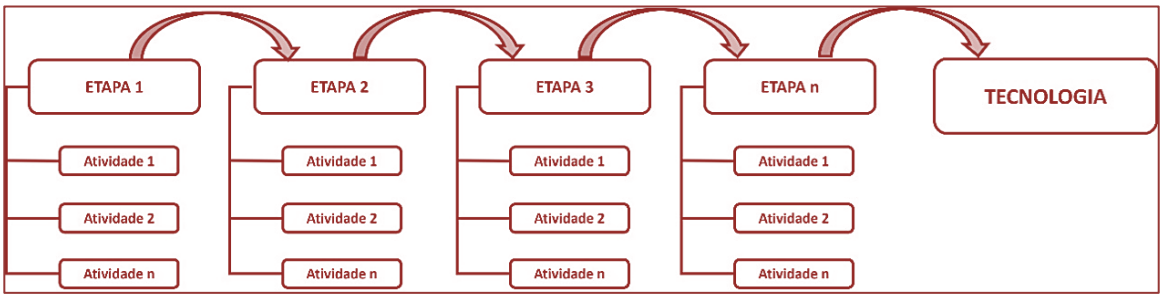
Fonte: elaborado pelos autores.

A arquitetura metodológica das questões estruturais é muito conhecida e praticada. Geralmente começa com a apresentação da estrutura analítica da tecnologia (EAT) a ser gerada, que é muito parecida com a representação genérica da figura 8. Nessa figura, todos os componentes, subcomponentes e peças precisam estar representadas, para que se tenha uma ideia precisa de sua estrutura. A redação dessa arquitetura começa com a apresentação de cada componente, subcomponente e peças, seguidas das suas descrições físicas, explicações funcionais e relacionais. A fundamentação metodológica termina com a descrição de cada procedimento que vai ser utilizado para a materialização da tecnologia, incluindo prototipagem, testes/retestes, ajustes/reajustes e apresentação do produto acabado.

4.3. A ARQUITETURA PROCESSUAL

As arquiteturas processuais procuram dar conta de fenômenos complexos, de natureza longitudinal. São chamados processuais porque são constituídos por estágios, etapas, passos e respondem a perguntas do tipo “Quais são as etapas do processo de?” ou “Quais são os estágios de desenvolvimento de?” e similares. Perceba que essas perguntas procuram agrupamentos de atividades ou características distintas, em que cada agrupamento produz alguma coisa que vai ser utilizada em seguida pelas atividades do outro agrupamento e assim sucessivamente até que, quando terminar a execução da última atividade da última etapa, uma determinada tecnologia é materializada (no caso de projetos de geração de tecnologia) ou uma explicação teórica é finalizada (no caso de revisões de literatura). A figura 9 mostra um esquema genérico desse tipo de arquitetura.

Figura 9. Esquema genérico de arquitetura processual



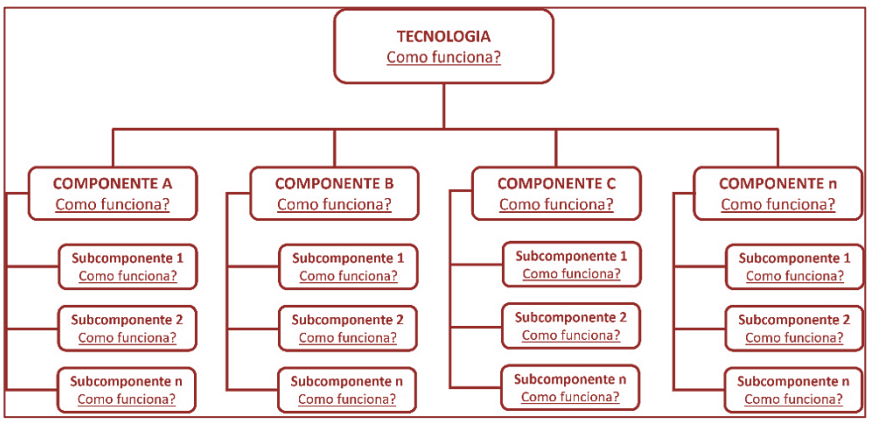
Fonte: elaborado pelos autores.

A arquitetura metodológica também segue a arquitetura processual. Começa com a apresentação das etapas e respectivas atividades. Seguida da descrição de como cada atividade será desenvolvida em cada estágio e a definição do subproduto a ser gerado em cada etapa, assim como os materiais que serão utilizadas em cada estágio. É recomendado, também aqui, que seja utilizado o esquema de 1) apresentação da estrutura analítica da tecnologia, 2) a listagem dos materiais e seus usos e 3) a descrição de como cada atividade de cada etapa será desenvolvida.

4.4. A ARQUITETURA FUNCIONAL

A compreensão das arquiteturas funcionais também é bastante intuitiva. Elas buscam explicar como uma coisa e seus subcomponentes funcionam. Por essa razão, respondem a questões de pesquisas do tipo "Como funciona isso?" ou "Como determinado componente se comporta?". Percebe-se, portanto, que as questões funcionais geralmente se aplicam sobre uma arquitetura estrutural, mas também podem focar arquiteturas processuais, procurando-se entender como cada etapa gera um determinado resultado intermediário ou subproduto. O grande desafio com as arquiteturas funcionais é demonstrar a funcionalidade, a ação dos mecanismos internos para gerar os benefícios de uma tecnologia ou a interconexão dos subcomponentes e peças para fazer funcionar o componente de que fazem parte.

Figura 10. Exemplo de arquitetura funcional



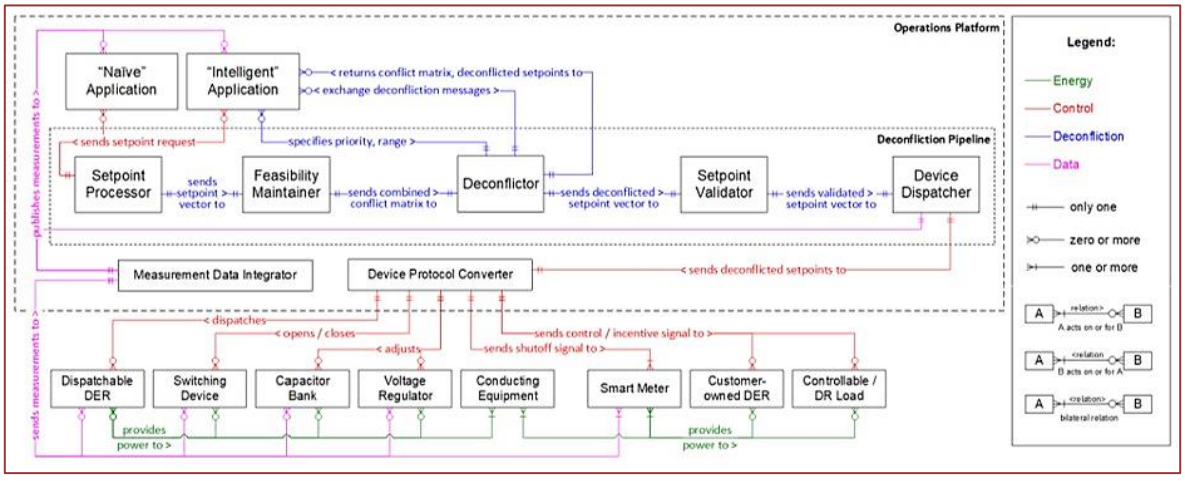
Fonte: elaborado pelos autores.

A arquitetura metodológica das questões funcionais é parecida com as das questões estruturais e processuais. Por essa razão, muitas vezes são chamadas de estruturas mistas, estruturo-funcionais ou processuais-funcionais. Elas começam com a apresentação da EAT, prosseguem com a descrição de cada componente, subcomponente e peças e seus respectivos funcionamentos e terminam com os procedimentos de montagem dos componentes ou execução das etapas. Note que a intenção do MC-T é utilizar conhecimentos científicos disponíveis ou a serem produzidos para a confecção de tecnologias. Os conhecimentos científicos disponíveis abreviam a geração de tecnologias, uma vez que sua produção é mais demorada e onerosa.

4.5. A ARQUITETURA RELACIONAL

As arquiteturas relacionais são um tipo de representação que têm o desafio de mostrar como cada parte de um fenômeno se relaciona com as outras, internamente. Os cientistas buscam nas bases de dados científicas os conhecimentos disponíveis que permitam a elaboração dessa configuração para ser testada posteriormente. Para isso, formulam questões do tipo “Quais os impactos que cada componente do fenômeno X causa sobre os seus outros componentes?”, “Qual é a relação entre os fenômenos A e B?” ou “Quais são os relacionamentos dos componentes da tecnologia Y que produzem os seus benefícios?”. Como consequência, a representação mostra origem do relacionamento e seu destino. As matrizes ou estruturas de entidade-relacionamentos utilizados na ciência da computação são exemplos formidáveis desse tipo de arquitetura, como a mostrada na figura 11.

Figura 11. Exemplo de estrutura relacional



Fonte: Reiman et al. (2023, p. 40318).

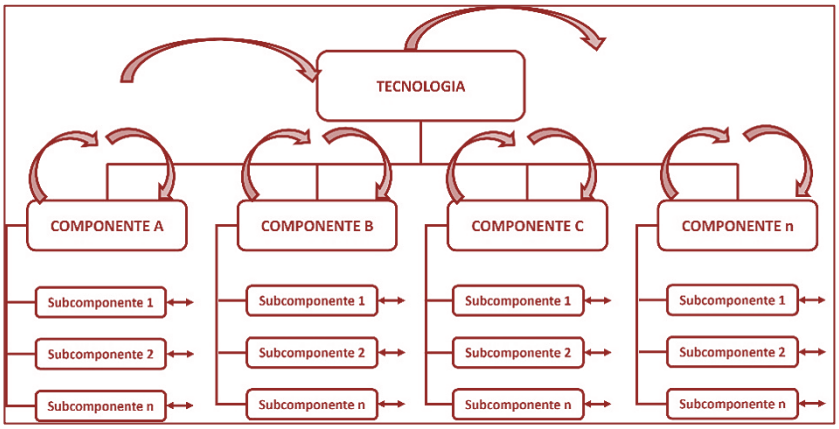
A arquitetura metodológica das questões relacionais começa com a apresentação da EAT, como exemplificado a partir da figura 11. Em seguida, cada relacionamento é apresentado. Depois podem ser descritos tanto os efeitos dos relacionamentos como os procedimentos a serem executados para provocá-los. Também podem ser listados os componentes (materiais) e os procedimentos de seus manuseios para fazer funcionar cada peça, subcomponente e componente da futura tecnologia. Perceba que a finalidade da arquitetura metodológica é permitir que outros cientistas consigam reproduzir a tecnologia, da mesma forma que o desafio das arquiteturas teóricas é que outros

pesquisadores, utilizando os mesmos procedimentos, obtenham os mesmos dados e consigam fazer uma arquitetura que, se não for exatamente a apresentada, não será muito diferente dela.

4.6. A ARQUITETURA AMBIENTAL

A arquitetura ambiental é um tipo especial de arquitetura relacional. Pode ser, por esse motivo, considerada como arquitetura relacional externa, enquanto a arquitetura relacional pode ser tomada como arquitetura relacional interna. Os problemas de pesquisa que essa arquitetura pretende responder por meio de representação pitagórica são os mesmos que os da arquitetura relacional, com a diferença que um dos fenômenos é o ambiente de produção ou operação do outro fenômeno. Por exemplo, "Quais são os impactos que os componentes do fenômeno X causam e recebem impacto do seu ambiente de operação?", "Qual é a relação os componentes dos fenômenos A e B e seu ambiente de produção?" ou "Quais são os relacionamentos dos componentes da tecnologia Y com os receptores dos seus benefícios?". A figura 12 apresenta uma arquitetura genérica passível de ser construída para os problemas de tipo ambiental. Note que as setas representam relacionamentos de causa-efeito, tanto no sentido das peças, subcomponentes e componentes para com o ambiente externo quanto vice-versa, do ambiente externo para a tecnologia ou fenômeno e seus elementos constituintes. Pode haver, também, conjunção de impactos de duas ou mais peças e componentes, multiplicando seus impactos ambientais, como também no sentido inverso, em que o impacto sobre um elemento do fenômeno ou tecnologia se fortaleça com a força de outro elemento.

Figura 12. Exemplo de arquitetura ambiental



Fonte: elaborado pelos autores.

A arquitetura metodológica resultante desse tipo de questão de pesquisa é elaborada com base na própria EAT. Sua visualização permite elencar os componentes e subcomponentes que causam ou recebem os efeitos ambientais, que é quando começa a redação da arquitetura no projeto de pesquisa e culmina com as especificações de cada impacto recebido ou exercido. É importante observar, também, que nem todos os elementos constituintes do fenômeno são capazes de influenciar o ambiente externo, assim como nem todos esses elementos internos recebem impacto externos. A figura 11 é genérica apenas no sentido de que qualquer componente de um fenômeno pode influenciar e ser influenciado.

Vale observar, finalmente, que fenômenos complexos podem exigir a elaboração de arquiteturas mistas, com efeitos combinatórios. Na verdade, com exceção dos estudos meramente conceituais cujas descobertas serão utilizadas para gerar tecnologias como cartilhas digitais e e-books, todas as arquiteturas são utilizadas em combinação. Por exemplo, estudos estruturais necessariamente precisam ser precedidos de estudos conceituais e pesquisas de natureza processuais-funcionais necessitam de estudos conceituais, processuais e funcionais, isoladamente, para depois ser elaborada a arquitetura sintética das três arquiteturas isoladas. É fundamental que isso seja compreendido para que possa começar a ser percebido o caráter artístico das investigações científicas, quando da elaboração de suas arquiteturas teóricas e metodológicas.

5. CONCLUSÃO

Este estudo explicou o que são arquiteturas teóricas e arquiteturas metodológicas, com ênfase especial sobre o método científico-tecnológico (MC-T) enquanto proposta que conjuga o método científico e a engenharia de produtos, tanto para a produção científica quanto para a geração de tecnologias de base científica. Esta proposta tem como desafio fazer o aproveitamento de muitos estudos teóricos que são confeccionados nas universidades e institutos de pesquisa, direcionando-os para a materialização de algum artefato físico ou extrafísico capaz de solucionar algum problema prático ou suprir determinada necessidade. Mas, talvez, mais importante do que isso é mostrar que o manuseio metodológico do conhecimento científico é capaz de produzir conhecimentos confiáveis passíveis de aplicações diversas.

No campo específico da internet das coisas, o desafio é alterar qualitativamente as práticas investigativas, de maneira que os estudantes e professores, ao invés de utilizarem esquemas de blogs e sites de indivíduos sem curiosidade científica, manuseiem dados e informações contidas nas bases científicas de dados, como os artigos científicos e coletâneas de estudos publicados em formato de livros. Essa transformação permitirá que nossos estudantes e professores façam parte do esforço planetário de gerar conhecimentos e tecnologias capazes de elevar a qualidade de vida das pessoas no mundo todo por poderem desfrutar de tecnologias confiáveis. Além disso, ganha a ciência nacional pela formação de novos pesquisadores e ganha a coletividade brasileira por expandir suas fontes de receitas com a monetização das tecnologias e conhecimentos que inventaram.

O pensamento humano, quando não representado esquematicamente, pode ser considerado apenas um devaneio ou mero sonho acordado. Mas quando é transferido do campo mental para o papel ou algum outro tipo de representação não pode mais ser considerado apenas pensamento, como aquelas nuvens que aparecem e desaparecem no horizonte quase que despercebidas. A representação é praticamente metade do esforço para sua transformação em conhecimento e, quem sabe, posterior tecnologia. Os cientistas fazem esses tipos de sonhos a partir do manuseio de muitos outros conhecimentos. As arquiteturas teóricas são a transferência desses sonhos do campo mental para o ambiente físico. As arquiteturas metodológicas são os desenhos dos caminhos que deverão ser percorridos para que o sonho se materialize.

AGRADECIMENTOS

Este artigo é o resultado do projeto de PD&I ARANOUÁ, realizado pelo Instituto Federal do Amazonas (IFAM) em parceria com a Samsung Eletrônica da Amazônia Ltda., usando recursos da Lei Federal nº 8.387/1991, estando sua divulgação e publicidade em conformidade com o previsto no artigo 39.º do Decreto nº 10.521/2020.

REFERÊNCIAS

[1] ALBUQUERQUE, Ulysses Paulino. How to become an ethnobiologist: against the cultural monopoly. Ethnobotany Research and Applications, v. 24, p. 1-8, 2022. https://doi.org/10.32859/era.24.6.1-8.

[2] BERDUGO, Gladys Nubia et al. Arquitectura teórica cimentada en la gerencia emocional. Agroindustria, Sociedad y Ambiente, v. 1, n. 18, p. 38-54, 2022. https://doi.org/10.5281/zenodo.6481786.

[3] CHERNYSHEV, S. L.; CHERNYSHEV, A. S. General Problems of Metrology and Measurement Technique Metrological Aspects of Harmonic Self-Organization. Measurement Techniques, v. 65, n. 3, p. 157-165, 2022. https://doi.org/10.1007/s11018-022-02063-y.

[4] CORREA, Clynton Lourenço. How to survive in the academic jungle? Protection strategies against predatory journals. Fisioterapia em Movimento, v. 35, n. esp. P. 1-1, 2022. https://doi.org/10.1590/fm.2022.356E1

[5] DREGO, A. D. Harnessing the complexity for vehicle system design at the concept design phase of an aircraft. Proceedings of the Design Society, v. 2, p. 1845-1854, 2022. https://doi.org/10.1017/pds.2022.187.

[6] FERRER, Francesc de Borja Ramis. An approach to automatically distribute and access knowledge within networked embedded systems in factory automation. 2018. 205 f. Tese (Doutorado em Tecnologia). Tampere University of Technology, Tampere, 2018.

[7] GILLESPIE, John; DO, Ha H. Theorising the local adaptation of transnational certification standards. International & Comparative Law Quarterly, v. 71, n. 1, p. 37-71, 2022. https://doi.org/10.1504/IJLT.2022.123686.

[8] ISAEVA, Valeria V. Self-organization at different levels of metazoan complexity in comparative genomic–phenomic context. In: MALASSÉ, Anne Dambricourt. (Ed.). Self-organization as a new paradigm in evolutionary biology: from theory to applied cases in the tree of life. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 119-160.

[9] JAVANMARDI, Ehsan; LIU, Sifeng; XIE, Naiming. Exploring the Challenges to Sustainable Development from the Perspective of Grey Systems Theory. Systems, v. 11, n. 2, p. 70, 2023. https://doi.org/10.3390/systems11020070.

[10] JIMENEZ, Luis A. Estrada et al. Self-configuration of a Robotic Platform to support a self-organized Manufacturing Process. In: IECON 2022–48th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. IEEE, 2022. p. 1-6. https://doi.org/10.1109/IECON49645.2022.9968868.

[11] KERGEL, David. Digital Cultures: Postmodern Media Education, Subversive Diversity and Neoliberal Subjectivation. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2023.

[12] LATHA, VL Padma; REDDY, N. Sudhakar; BABU, A. Suresh. Optimizing Scalability and Availability of Cloud Based Software Services Using Modified Scale Rate Limiting Algorithm. Theoretical Computer Science, v. 943, p. 230-240, 2023. https://doi.org/10.1016/j.tcs.2022.07.019.

[13] LOHMANN, Jessica et al. Self-organizing systems in the construction industry. Engineering Reports, p. e12692, 2023. https://doi.org/10.1002/eng2.12692.

[14] MRIDHA, Muhammad F. et al. A study on the challenges and opportunities of speech recognition for Bengali language. Artificial Intelligence Review, v. 55, p. 3431--3455, 2022. https://doi.org/10.1007/s10462-021-10083-3.

[15] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. Handbook of the scientific-technological method: synthetic edition. Manaus: DNS Editor, 2021a.

[16] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. Manual do método científico-tecnológico: edição sintética. Florianópolis: DNS Editor, 2020.

[17] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. O método científico-tecnológico: coleta de dados. Manaus: DNS Editor, 2023a.

[18] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. O método científico-tecnológico: fundamentos. Manaus: DNS Editor, 2021b.

[19] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. O método científico-tecnológico: geração da resposta. Manaus: DNS Editor, 2023c.

[20] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. O método científico-tecnológico: organização de dados. Manaus: DNS Editor, 2023b.

[21] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. O método científico-tecnológico: questões de pesquisa. Manaus: DNS Editor, 2021c.

[22] NING, Huansheng et al. A survey on hybrid human-artificial intelligence for autonomous driving. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, v. 23, n. 7, p. 6011-6026, 2021.

[23] OKADA, Norihiro et al. Theory of acceleration of decision-making by correlated time sequences. Complexity, v. 2022, p. 1-13, 2022. https://doi.org/10.1155/2022/5205580.

[24] PAITWAR, Rishikesh et al. Overcoming the challenge of integrating connected vehicles and intelligent transportation. International Journal of Advance Scientific Research & Engineering Trends, v. 5, n. 12, p. 298-308, 2021.

[25] PATEL, Manan A. et al. Mind machine interface using internet of things. International Journal of Research in Engineering, Science and Management, v. 2, p. 12, p. 145-148, 2019.

[26] PILLAY, Ayushi et al. A comparison of feature selection approaches for liver disease data. In: 2022 OPJU International Technology Conference on Emerging Technologies for Sustainable Development (OTCON). IEEE, 2023. p. 1-6. https://doi.org/10.1109/OTCON56053.2023.10113995.

[27] REIMAN, Andrew P. et al. App deconfliction: orchestrating distributed, multi-agent, multi-objective operations for power systems. IEEE Access, v. 11, n. 4, p. 40314-40327, 2023. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3269422.

[28] ROSENBLOOM, Paul S. Thoughts on Architecture. In: Artificial General Intelligence: 15th International Conference, AGI 2022, Seattle, WA, USA, August 19–22, 2022, Proceedings. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 364-373. https://doi.org/10.1007/978-3-031-19907-3_35.

[29] SARI, Siti Mayang et al. The concept of video-based learning on the material of the object shape's change at sd negeri lampeuneurut aceh besar. In: Proceedings of International Conference on Education. Teacher Training & Education Faculty, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh, Indonesia, 2023.

[30] SIMÕES, Chiara da Silva; NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. Legal marketing: proposition for a conceptual definition. Int. J. Private Law, v. 9, n. 4, p. 272-294, 2020. https://doi.org/10.1504/IJPL.2020.114145.

[31] SINGH, Anupam; GLIŃSKA-NEWEŚ, Aldona. Modeling the public attitude towards organic foods: A big data and text mining approach. Journal of big Data, v. 9, n. 1, p. 1-21, 2022. https://doi.org/10.1186/s40537-021-00551-6.

[32] SONG, Ying et al. Analyzing the role of high-tech industrial agglomeration in green transformation and upgrading of manufacturing industry: the case of China. Journal of the Knowledge Economy, p. 1-31, 2022. https://doi.org/10.1007/s13132-022-00899-x.

[33] STAMPER, Blair. STEM and Instructional Design. In: GAMRAT, Chris; KOHLER, Megan. (Eds.). The multi-disciplinary instructional designer: integrating specialized skills into design toolkits, New York: Routledge, 2023.

[34] UNVERDORBEN, Stephan; BÖHM, Birthe; LÜDER, Arndt. Concept for deriving system architectures from reference architectures. In: 2019 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). IEEE, 2019. p. 19-23. https://doi.org/10.1109/IEEM44572.2019.8978834.

[35] WILLIAMS, Theodore J.; SHEWCHUK, John P.; MOODIE, Colin L. The role of CIM architectures in flexible. In: JOSHI, Sanjay B.; SMITH, Jeffrey S. (Eds.). Computer control of flexible manufacturing systems: Research and development. Hong-Kong: Springer-Science, 2012.

Capítulo 2

Internet das coisas e wearables: Uma proposta de definição conceitual a partir do estado da arte

Charlene Souza de Queiroz, Alyson de Jesus dos Santos, Vitor Bremgartner da Frota, Daniel Nascimento e Silva

1. INTRODUÇÃO

O futuro é a Internet das Coisas (IoT), que transformará os objetos do mundo real em objetos virtuais inteligentes. A IoT visa unificar tudo sob uma infraestrutura comum ou personalizada, nos permitindo não apenas o controle das coisas ao nosso redor, mas também nos mantendo informados sobre o estado destas coisas. Essa tecnologia vem trazendo gradativamente várias mudanças tecnológicas em nosso dia a dia, em virtude de ajudar a tornar nossa vida mais simples e confortável, por meio de várias tecnologias e aplicações. Existem inúmeras utilidades de aplicativos de IoT em todos os domínios, incluindo o médico, manufatura, industrial, transporte, educação e habitat, dentre outros. Na chamada Internet das Coisas, sensores e atuadores embutidos em objetos físicos ou vestíveis são conectados por redes, podendo essas ser com e/ou sem fio, quando esses objetos podem sentir o ambiente e se comunicar, eles se tornam ferramentas para compreender a complexidade e responder a ela rapidamente.

Nesse contexto, essa tecnologia pode ser usada em diversas áreas, principalmente na área da saúde, pois as aplicações em IoT podem ser utilizadas até com dispositivos vestíveis, chamados wearables, e dispositivos móveis, como os smartphones, com o objetivo de prevenir e auxiliar nos cuidados da saúde. Assim, a IoT pode ajudar na prevenção e agravos de problemas que podem ser evitados com o monitoramento em tempo real.

Em um cenário onde a preocupação com a saúde se torna a cada dia mais significativa, a hipertensão arterial é um dos principais fatores de risco cardiovascular, principalmente na população idosa. Desenvolver uma aplicação onde houvesse um monitoramento e aferição periódica da pressão arterial de uma pessoa de risco seria uma forma de prevenção e tomada rápida de decisão sobre uma possível complicação no quadro do monitorado. Com a ajuda da IoT é possível realizar de forma segura e assertiva o aferimento e monitoramento da pressão desses indivíduos, através das características sensoriais disponíveis nos dispositivos smartwatches. A principal vantagem desse tipo de tecnologia é que está disponível para ser utilizada em diversas aplicações. Portanto, esta proposta pretende desenvolver uma aplicação que faça aferição da pressão arterial e análise desses dados através de um dispositivo wearable e conforme os resultados envie uma notificação a um ou mais dispositivos smartphones utilizando a tecnologia de internet das coisas.

2. INTERNET DAS COISAS: ARQUITETURA TEÓRICA

A revisão da literatura evidenciou que infraestrutura é o termo mais frequente equivalente à internet das coisas (ALMEIDA; MARIOTTINI, 2021; BUENO et al., 2021;

DOMINGUESCHE; 2021; FERREIRA; SEIFERT; VENANZI, 2022; SANTOS, 2019; SILVA; MICHEL, 2021). A ideia de infraestrutura remete a base ou estrutura invisível que suporta o desenvolvimento de algo. Pode ser uma construção ou edificação. Quando se refere à internet das coisas, pode remeter a uma base que suporta toda uma estrutura para manter a conectividade e comunicação entre objetos. Conectividade e comunicação também aparecem como termos de equivalência à internet das coisas, onde conectividade é destacado no estudo de Costa (2021) e comunicação é evidenciada no de Crispim, Canas e Júnior (2018).

O termo interconexão também aparece na literatura como equivalente a internet das coisas (CARLOS; MATTOS, 2021; DIAS, 2018), assim como o termo rede, encontrado nos estudos de Araújo (2017) e Azevedo e Aguiar Junior (2022). Esses termos estão intimamente relacionados à internet das coisas porque para se ter um é necessário o outro. Quando se refere à rede em internet geralmente se está especificando um conjunto de objetos ou coisas (qualquer objeto que consiga se fazer conectar ou comunicar com outro); e quando a referência é interconexão, a referência é sobre a relação ou ligação entre duas ou mais coisas. Essas significações estão profundamente relacionadas com redes porque para se ter uma rede é necessário manter a ligação entre dois ou mais objetos, o que, justamente, representa a necessidade de conexão entre os objetos de que trata a internet das coisas.

Tabela 1. Termos de equivalência de IoT

Autores	Termos de equivalência	Grupos Semânticos
Almeida; Mariottini (2021); Bueno et al. (2021); Dominguesche (2021); Ferreira; Seifert; Venanzi (2022); Santos (2019)	Infraestrutura	Infraestrutura
Carlos; Mattos (2021); Dias (2018); Silva; Michel (2021)	Interconexão	Interconexão
Costa (2021)	Conectividade	
Crispim; Canas; Júnior (2018)	Comunicação	
Araújo (2017); Azevedo; Aguiar Junior (2022)	Rede	
Borges et al (2021)	Dispositivos	Coisas
Monteiro; Lima (2021); Moreira; Aicos (2020)	Objetos	
Oliveira Junior; Santos (2022)	Máquinas	
Oliveira Junior; Santos (2022)	Produtos	
Gomes (2021)	Tecnologia	Tecnologia
Almeida (2019); Andrade et al (2021); Bkheet; Agbinya (2021)	Paradigma	

Fonte: dados coletados pelos autores.

A internet das coisas também pode ser vista como uma tecnologia. Essa constatação é decorrente do agrupamento semântico de dois termos encontrados no levantamento. O primeiro deles é paradigma, apontado por Almeida (2019), Andrade et al (2021), Bkheet e Agbinya (2021); o segundo é tecnologia, encontrado no estudo de Gomes (2021). Paradigma sugere a ideia de um modelo, um padrão a seguir; enquanto tecnologia é conhecimento, ciências ou métodos e técnicas que visam a resolver problemas. No contexto de internet das coisas, representa justamente esse modelo de tecnologia que visa fomentar um padrão de técnicas a seguir para a prática de internet das coisas.

Outra forma de indicar internet das coisas é atribuída ao vocábulo coisas, que pode ser constatado no agrupamento semântico de quatro termos encontrados no levantamento. O primeiro deles é dispositivo, que vem referenciado por Borges et al (2021); o segundo é objetos, apontado por Monteiro e Lima (2021) e Moreira e Aicos (2020); e o terceiro e quarto termos são máquinas e produtos, apontados por Oliveira Junior e Santos (2022). Aqui a escolha do termo "coisas" foi atribuída pelo fato de se poder referenciar qualquer objeto com existência concreta, seja um bem, produto, dispositivo ou máquina que exista ou possa vir a existir. Portanto, para este estudo, o termo de equivalência que vai ser utilizado é infraestrutura, pois possui maior grau de consenso entre os pesquisadores encontrados na revisão de literatura. Esse é o termo que mais caracteriza a ideia de modelo a ser usado no trabalho, onde a internet das coisas será uma base, uma infraestrutura para o desenvolvimento do tema proposto.

Conhecidos os termos de equivalência da IoT, agora é hora de relatar o que foi encontrado sobre as características desse fenômeno, que são os seus atributos. Em internet das coisas, o atributo objeto, conforme constatado no agrupamento semântico constante da tabela 2, foi o termo que mais se destacou na literatura. Ele caracteriza qualquer coisa ou objeto físico (ARAÚJO; 2017; AZEVEDO; AGUIAR JUNIOR, 2022; DOMINGUESCHE, 2021; FERREIRA; SEIFERT; VENANZI, 2022; GOMES, 2021; MOREIRA; AICOS; 2020; SANTOS, 2019; SILVA; MICHEL, 2021) ou virtual, como apontado por Bkheet e Agbinya (2021). Também pode ser considerado inteligente (DOMINGUESCHE, 2021; FERREIRA; SEIFERT; VENANZI, 2022; SANTOS, 2019), como um sistema (BUENO et al., 2021; SILVA; MICHEL, 2021) ou simplesmente como um dispositivo (COSTA, 2021). Esses dispositivos podem ser de acionamento ou sensoriamento, como apontado no estudo de Dias (2018), serem considerados como entidades (BUENO et al., 2021), softwares (OLIVEIRA JUNIOR; SANTOS, 2022) ou caracterizados simplesmente como um objeto (ALMEIDA, 2019; ANDRADE et al. 2021; ARAÚJO, 2017; CARLOS; MATTOS, 2021; CRISPIM; CANAS; JÚNIOR, 2018; MOREIRA; AICOS, 2020; SILVA; MICHEL, 2021).

Também a internet das coisas considera que esses objetos possam ter conectividade, atributo destacado por Bkheet e Agbinya (2021), Monteiro e Lima (2021), Moreira e Aicos (2020), Oliveira Junior e Santos (2022), Santos (2019) e Silva e Michel (2021). Pode estar conectado por uma conexão em rede (GOMES, 2021), em formato físico ou virtual (ALMEIDA; MARIOTTINI, 2021), utilizar protocolos de conexão (CRISPIM; CANAS; JÚNIOR, 2018) ou uma interface inteligente (FERREIRA; SEIFERT; VENANZI, 2022). Esse elemento inteligente proporciona ligação física ou lógica entre dois sistemas ou partes de um sistema que não poderiam ser conectados diretamente.

Comunicação é outro atributo fundamental usado na definição de internet das coisas. Essa concepção traz a ideia de uma ação para transmitir e receber mensagens que, no contexto de IoT, se adequa para transmitir e receber dados e/ou mensagens. O estudo de Araújo (2017), Borges et al (2021) e Gomes (2021) se referem a essa comunicação como troca de informações, o de Crispim, Canas e Júnior (2018) a interpretam como transferências nas associações e o de Azevedo e Aguiar Junior (2022) como transmitir dados. O termo comunicação foi usado em sua essência nos estudos de Almeida e Mariottini (2021), Andrade et al. (2021), Crispim, Canas e Júnior (2018), Dominguesche (2021), Monteiro e Lima (2021), Santos (2019) e Silva e Michel (2021). Para haver comunicação entre os objetos, há a necessidade de se coletar dados, que foi outro atributo considerado importante em IoT, conforme mostram os estudos de Azevedo e Aguiar Junior (2022) e Oliveira Junior e Santos (2022) especificados na tabela 2.

Tabela 2. Atributos da IoT

Referências	Atributos	Grupos Semânticos
Bueno et al. (2021); Silva; Michel (2021)	Sistemas	Dispositivos
Dias (2018); Costa (2021)	Dispositivos	
Bkheet; Agbinya (2021)	Objetos (coisas) inteligentes	Objetos
Ferreira; Seifert; Venanzi (2022); Santos (2019)	Coisas virtuais	
Dominguesche (2021)	Objetos virtuais	
Bueno et al. (2021)	Entidades	
Oliveira Junior; Santos (2022)	Softwares	
Moreira; Aicos (2020)	Coisas	
Almeida (2019); Andrade et al (2021); Araújo (2017); Carlos; Mattos (2021); Crispim; Canas; Júnior (2018); Silva; Michel (2021)	Objetos	
Dominguesche (2021); Azevedo; Aguiar Junior (2022); Moreira; Aicos (2020)	Objetos físicos	Exemplos de objetos físicos
Azevedo; Aguiar Junior (2022); Moreira; Aicos (2020)	Carros	
Azevedo; Aguiar Junior (2022)	Celulares, eletrodomésticos	
Silva; Michel (2021)	Ativos	
Gomes (2021)	Aparelhos	
Moreira; Aicos (2020)	Aparelhos hospitalares, lâmpadas, relógios	
Azevedo; Aguiar Junior (2022)	Prédios	
Gomes (2021)	Máquinas	
Araújo (2017); Ferreira; Seifert; Venanzi (2022); Santos (2019)	Coisas físicas	
Santos (2019)	Conectados	Conectividade
Silva; Michel (2021)	Conectar	
Bkheet; Agbinya (2021); Monteiro; Lima (2021); Moreira; Aicos (2020); Oliveira Junior; Santos (2022)	Conectividade	
Crispim; Canas; Júnior (2018)	Protocolos de conexão	
Gomes (2021)	Conexão em rede	
Almeida; Mariottini (2021)	Conexão (física, virtual)	
Ferreira; Seifert; Venanzi (2022)	Interfaces inteligentes	
Crispim; Canas; Júnior (2018)	Transferências	
Azevedo; Aguiar Junior (2022)	Transmitir dados	
Araújo (2017); Borges et al (2021); Gomes (2021)	Troca de informações	
Dias (2018)	Compartilhar informações	
Almeida; Mariottini (2021); Andrade et al. (2021); Crispim; Canas; Júnior (2018); Dominguesche (2021); Monteiro; Lima (2021); Santos (2019); Silva; Michel (2021)	Comunicação	
Oliveira Junior; Santos (2022)	Dados (coleta, acesso)	Coleta de dados
Oliveira Junior; Santos (2022)	Controle de dados	
Azevedo; Aguiar Junior (2022)	Reunião de dados	
Almeida; Mariottini (2021)	Interoperacionalidade	
Araújo (2017)	Endereço próprio	Atributos
Ferreira; Seifert; Venanzi (2022)	Atributos (persona, virtual)	
Ferreira; Seifert; Venanzi (2022); Monteiro; Lima (2021)	Identidade	
Almeida; Mariottini (2021)	Prestação de serviços	Serviços
Bueno et al. (2021); Santos (2019)	Serviços inteligentes	
Moreira; Aicos (2020)	Funcionalidades	
Crispim; Canas; Júnior (2018)	Performance, mediação	
Dias (2018)	Aplicação inovadora	
Araújo (2017)	Geração de oportunidades	

Fonte: dados coletados pelos autores.

Para a IoT, os objetos possuem atributos. Esse termo também usado como agrupamento semântico para significar a característica de alguma coisa ou objeto que faz com ele se diferencie de todos os demais. Alguns estudos o apontam como importante para discriminar um objeto em um sistema através de uma identificação única, assim definido como o atributo de um objeto, sua identidade, como pode ser encontrado nos estudos de Ferreira, Seifert e Venanzi (2022) e Monteiro e Lima (2021). Esses objetos também possuem um endereço próprio, como apontado no estudo de Ferreira, Seifert e Venanzi (2022), que podem possuir atributos físicos e personalidades virtuais. O termo atributo, nessa essência, agrega o valor de algo que é próprio e peculiar a alguém ou a alguma coisa, como qualidades, habilidades e características. Pode-se inferir, conforme encontrado na literatura, que em internet das coisas os objetos possuem personalidades próprias, como uma identidade única, um endereço próprio e atributos físicos peculiares.

Serviços foi outro atributo de interesse para IoT. Esse termo é citado dessa forma no estudo de Santos (2019), como prestação de serviços, no de Almeida e Mariottini (2021), serviços inteligentes, no de Bueno et al. (2021), funcionalidade, no de Moreira e Aicos (2020), performance e mediação, no de Crispim, Canas e Júnior (2018), aplicações inovadoras, no de Dias (2018) e geração de oportunidades, no de Araújo (2017). A IoT está voltada para oferecer ou disponibilizar serviços. Quando se atrelam serviços a uma atividade que supre uma necessidade, abre-se um leque de oportunidades em todas as áreas do conhecimento. Assim, a IoT oferece serviços que suprem necessidades vinculadas às aplicações desenvolvidas, sejam na área da saúde, transporte, comunicação e ações preventivas, sejam em um universo quase infinito de oportunidades.

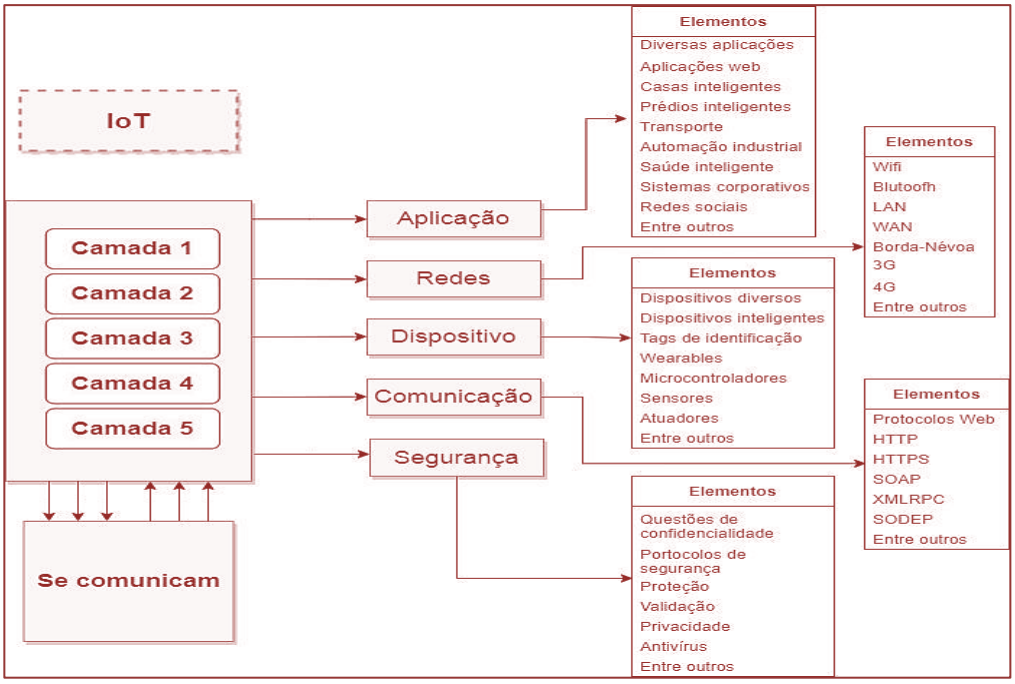
Apesar de interoperabilidade ter sido citado somente no estudo de Almeida e Mariottini (2021), sua concepção é de grande importância para IoT. Ela se refere à capacidade de um sistema (ou objeto) interagir e se comunicar com outro, ou se está sendo desenvolvido com ferramentas e fornecedores diferentes, podendo ou não atuar em conjunto. Portanto, para este estudo, a internet das coisas pode ser definida como a infraestrutura para fazer a conexão e comunicação entre dois dispositivos inteligentes, um smartphone e um smartwatch, com o objetivo de coletar, transmitir e receber dados. Com isso é possível criar uma arquitetura teórica passível de teste empírico.

Estruturalmente, a internet das coisas pode ser operacionalizada de diversas maneiras, conforme a aplicação para a qual está sendo desenvolvida. Santos, Silva e Soares (2021) desenvolveram sua aplicação em redes de sensores IoT para edifícios inteligentes, compondo uma estrutura com apenas três camadas, representadas por processamento, comunicação e estado de execução. Andrade et al. (2018), Magalhaes et al (2017) e Santos et al. (2019) usaram cinco camadas para desenvolver suas aplicações. Andrade et al. (2018) definiram suas camadas como percepção, rede, middleware, aplicação e negócio, estruturando a plataforma SOFT-IoT; Magalhaes et al (2017) arquitetaram uma plataforma de tempo real para priorização de serviços de IoT na nuvem e definiram as camadas como transporte, autorização, motor de tempo real, distribuidores e gerenciador de escalabilidade automática e Santos et al. (2019) criaram uma aplicação voltada para a internet das coisas aplicada ao agronegócio e definiram suas camadas como aplicação, mediação, redes , interface e sensores. Porém, há estudos que ainda ampliam essa estrutura utilizando seis camadas ou mais em sua estrutura, como o de Tibúrcio, Santos e Fernandes (2017), que definiram seis camadas (infraestrutura, rede virtual, orquestração NFV, controle, gerência autonômica e conhecimento, controle e gerenciamento global da CI), em uma estrutura voltada para cidades inteligentes, e Quingerski (2019), que estabeleceram sete camadas para a proposta KE-Io, definidas como apresentação,

serviços e suporte, conhecimento, dispositivo IoT, redes e protocolos de comunicação, gerenciamento e segurança e confiabilidade.

O que pode ser aferido da revisão da literatura é que o padrão de estrutura em IoT com cinco camadas cobre a maioria das aplicações implementadas. Porém, caso seja necessário, as estruturas podem ser personalizadas para usar mais ou menos camadas, de acordo com a necessidade da aplicação. Como conclusão, as camadas que mais apareceram foram aplicação, rede, dispositivo, controle, comunicação e gerenciamento o que ficou evidenciado pela revisão da literatura. Para esse estudo, procurou-se usar a estrutura com as camadas definidas como aplicação, rede, dispositivo, comunicação e segurança, como mostra a figura 1.

Figura 1: Arquitetura IoT definida



Fonte: dados coletados pelos autores.

Quando se trabalha com IoT, necessariamente se tem que trabalhar com dispositivos diversos. Esses dispositivos podem ser sensores, atuadores, dispositivos inteligentes, conhecidos como smarts, dentre outros, definindo-se a camada de dispositivo. Outra coisa de extrema importância para trabalhar com IoT são os protocolos de comunicação, o que corrobora a necessidade de uma camada de comunicação. Outra camada considerada importante em internet das coisas é a camada de rede que é onde estará estruturada todas as implementações necessárias para se usar a infraestrutura de redes nas aplicações IoT, e uma camada de aplicação que fornecerá funcionalidades de interação necessários com o usuário e apesar de a camada de segurança não ter entrado na conclusão da coleta de dados é uma camada de suma importância para um ambiente que lida com dados e aplicações via internet. Antes, contudo, de apresentarmos a estrutura analítica da tecnologia que queremos criar, é necessário que se saiba o que a ciência já conhece sobre os dispositivos wearable.

A revisão da literatura evidenciou que dispositivo é o termo mais frequente equivalente às tecnologias wearables. Na verdade, a ideia de dispositivo resume a semântica de seis termos: o primeiro é dispositivo, expresso nos estudos de Beauchamp, Pappot e Holländer-Mieritz (2020), Haghi, Thurow e Stoll (2017), Hirten (2021), Kaien et al. (2022) e Stefana et al. (2021); o segundo é dispositivo eletrônico, encontrado nos estudos de Adão Martins et al (2021), Fernández-Caramés e Fraga-Lamas (2018) e Smuck et al. (2021); o terceiro é produto eletrônico, citado nos estudos de Santos (2022) e Stefana et al. (2021); o quarto é o adjetivo eletrônico, utilizado nos estudos de Gonçalves (2021) e Stanescu e Romascanu (2021); o quinto é acessório, definido no estudo de Park e Jayaraman (2021): e o sexto é computadores, como visto no estudo de Gonçalves (2021). Quando há referência a dispositivo em wearables, é relativa a um equipamento e/ou máquina agregada ao corpo, que coleta dados sensíveis que, submetidos a análises, ajudam na tomada de decisão. Também essa é uma referência direta a ferramentas tecnológicas que, no contexto de IoT e wearables, são criadas no intuito de simplificar a vida humana. A tabela 3 sintetiza todas essas abordagens encontradas na literatura

Tabela 3. Termos de equivalência de wearables.

Referências	Termos de equivalência
Atashzar; Carriere; Tavakoli (2021); Magalhães et al. (2022); Rocha (2019)	Tecnologia
Beauchamp; Pappot; Holländer-Mieritz (2020); Kaien et al. (2022); Hirten (2021); Stefana et al. (2021); Haghi; Thurow; Stoll (2017)	Dispositivos
Santos (2022); Stefana et al. (2021)	Produtos eletrônicos
Gonçalves (2021); Stanescu; Romascanu (2021)	Eletrônicos
Martins et al. (2021); Fernández-Caramés; Fraga-Lamas (2018); Smuck et al. (2021)	Dispositivo eletrônico
Park; Jayaraman (2021)	Acessório
Gonçalves (2021)	Computadores

Fonte: dados coletados pelos autores.

Outro termo que a revisão da literatura evidenciou equivalente à wearables foi tecnologia. Esse termo foi usado nos estudos de Atashzar, Carriere e Tavakoli (2021), Magalhães et al. (2022) e Rocha (2019). Tecnologia traz a ideia de conhecimento, métodos e técnicas que visam resolver problemas. No contexto de wearables, representa justamente esse modelo de tecnologia que visa usar um padrão ou conjunto de técnicas para resolver ou prever um problema e ainda os condicionar na tomada de decisão. Para esse estudo será adotado o termo de equivalência "dispositivos" porque é o que mais se adequa à concepção da tecnologia que se pretende criar e o que possui maior grau de consenso na revisão da literatura. Contudo, é necessário conhecer quais são os principais atributos das wearables.

O atributo processamento, conforme constatado no agrupamento semântico, é o termo que mais se destaca na literatura, ele é caracterizado pelo agrupamento de termos como armazenar e gravar dados reportado por Atashzar, Carriere e Tavakoli (2021), coletar dados conforme Beauchamp, Pappot e Holländer-Mieritz (2020), e o termo capturar dados de acordo com Hirten (2021) e por fim o próprio termo processamento conforme Park e Jayaraman (2021). Quando procuramos definir o termo processamento em termos de wearables, estamos nos referindo ao ato de processar dados e informações que serão coletadas durante o uso de um dispositivo vestível, quando colocamos no contexto da área da saúde esse processamento de dados estará sendo feitos através de

dados coletados diretamente do corpo humano, seja para fins de monitoramento, seja para fins de prevenção ou para tomada de decisão.

Outro atributo recorrente na literatura referente a wearables é monitoramento, conforme constatado por Haghi, Thurow e Stoll (2017), Hirten (2021), Magalhães et al. (2022) e Rocha (2019). O monitoramento pode ser caracterizado por uma coleta e análise de informações de forma regular e sistemática para identificar o andamento de um projeto e/ou sistema bem como possíveis alterações em sua rotina ao longo do tempo, o que se integra perfeitamente quando utilizamos os recursos disponíveis nos dispositivos vestíveis como os smartwatches para monitorar uma situação seja em um piso de fábrica, seja em um ambiente hospitalar ou ainda em um ambiente doméstico.

Quando voltamos para a área da saúde e o uso de wearables, capturar, coletar, medir e monitorar são termos usados com o intuito de melhorar a qualidade de vida de um indivíduo, sendo que melhorar também é um atributo utilizado em wearable como definido por Hirten (2021) e Magalhães et al. (2022).

Ainda outro atributo usado em wearable é feedback como constatado por Kaien et al. (2022) e Magalhães et al. (2022), quando nos referimos a um feedback, estamos diretamente relacionando com um retorno ou um resultado esperado de uma ação, que pode ser demonstrado por uma notificação, ou a exibição de informações (Kaien et al. (2022), Magalhães et al. (2022)) e até mesmo estimulação tátil como vibração ou por eletroestimulação, como mostram os dados contidos na tabela 4.

Tabela 4. Atributos de wearables

Referências	Atributos	Grupos Semânticos
Atashzar; Carriere; Tavakoli (2021)	Armazenamento de dados	Processamento
Hirten (2021)	Captura de dados	
Beauchamp; Pappot; Holländer-Mieritz (2020)	Coleta de dados	
Atashzar; Carriere; Tavakoli (2021)	Gravação de dados	
Park; Jayaraman (2021)	Processamento	
Haghi; Thurow; Stoll (2017); Hirten (2021); Magalhães et al. (2022); Rocha (2019)	Monitoramento	Monitoramento
Kaien et al. (2022); Magalhães et al. (2022)	Biofeedback	Biofeedback
Hirten (2021); Magalhães et al. (2022)	Melhoria	Melhoria
Stanescu; Romascanu (2021); Smuck et al. (2021)	Incorporação	Incorporação
Fernández-Caramés; Fraga-Lamas (2018); Rocha (2019)	Acoplamento aos corpos	
Kaien et al. (2022) ; Magalhães et al. (2022)	Exibição de informações	Exibição
Martins et al. (2021); Beauchamp; Pappot; Holländer-Mieritz (2020)	Sensores	Sensores

Fonte: dados coletados pelos autores.

Sensores também é um atributo referenciado na literatura quando referido a dispositivo vestível, como corroborado nos estudos de Martins et al. (2021) e Beauchamp, Pappot e Holländer-Mieritz (2020). Os sensores têm a capacidade de detectar estímulos físicos, químicos ou biológicos e dar respostas por meio de sinais de advertência. Este é um recurso muito útil quando se lida com monitoramento de pessoas com alguma morbidade.

Incorporação é outro atributo que aparece no contexto de dispositivos vestíveis, quando em referência ao fato de que a tecnologia é usada em formato vestível, acoplada ao corpo (FERNÁNDEZ-CARAMÉS; FRAGA-LAMAS, 2018; ROCHA, 2019), em roupas e acessórios (STANESCU; ROMASCANU, 2021; SMUCK et al. 2021), usados diretamente em contato com a pele. Para esse estudo, wearable é definido como dispositivo que pode ser incorporado em objetos e roupas que se acoplam ao corpo humano, que podem possuir diversos sensores, que ajudam na medição, coleta e armazenamento de dados, coletados para processamento e monitoramento, com feedbacks que ajudam na tomada de decisão.

3. ARQUITETURA METODOLÓGICA

Para esse estudo será usado o método científico-tecnológico, que define oito etapas para a geração de tecnologias, sendo quatro de cunho científico e quatro de cunho tecnológico. Esse estudo começou com a dimensão científica, com o intuito de produzir um balanço do conhecimento científico acerca de internet das coisas e das tecnologias wearables, cuja arquitetura teórica apresentada foi o resultado (NASCIMENTO-E-SILVA, 2020; 2021a; 2021b; 2021c). As quatro etapas executadas foram: 1) escolha das questões de pesquisa acerca de IoT e tecnologias wearables, 2) coleta dos dados e informações nas bases científicas de dados para responder às questões de pesquisa, 3) organização dos dados e informações que foram coletados para encontrar as respostas procuradas e 4) geração das respostas procuradas e redação do relatório de pesquisa. Nesta primeira dimensão procurou-se consolidar o conhecimento científico sobre internet das coisas para o desenvolvimento do produto. A próxima etapa será a dimensão tecnológica para o desenvolvimento do produto, definida em quatro etapas: 1) elaboração da modelagem e prototipagem do produto, 2) teste e reteste do protótipo modelado, 3) ajustes e reajustes no protótipo e 4) apresentação do produto aprovado em todos os testes a que foi submetido.

Fazer o monitoramento da saúde se tornou indispensável no tratamento de pacientes. O uso de dispositivos vestíveis para esse fim tem sido cada vez mais comum. Baseado nesse contexto foram analisados alguns estudos que desenvolveram suas aplicações visando ao monitoramento da saúde via dispositivos vestíveis. Evidenciou-se na revisão da literatura que independente da aplicação, para o desenvolvimento dos dispositivos vestíveis todos os autores usaram um microcontrolador e algum tipo de fonte de alimentação, podendo essa ser uma pilha, um carregador ou uma bateria para manter o sistema, e que também todos usaram para a comunicação um módulo de bluetooth diferentemente de Rocha (2019) que usou a tecnologia de RFID. E com relação a sensores, estes foram utilizados de acordo com a necessidade da aplicação, no trabalho de Dias et al. (2020) e Geraldo (2018) foram usados o acelerômetro, no de Rocha (2019) o sensor de pressão, já o de Damasceno et al. (2021) usou o sensor UMI e Gonsalves e Siscoutto (2020) usaram os sensores MAX30100 e FSR 402.

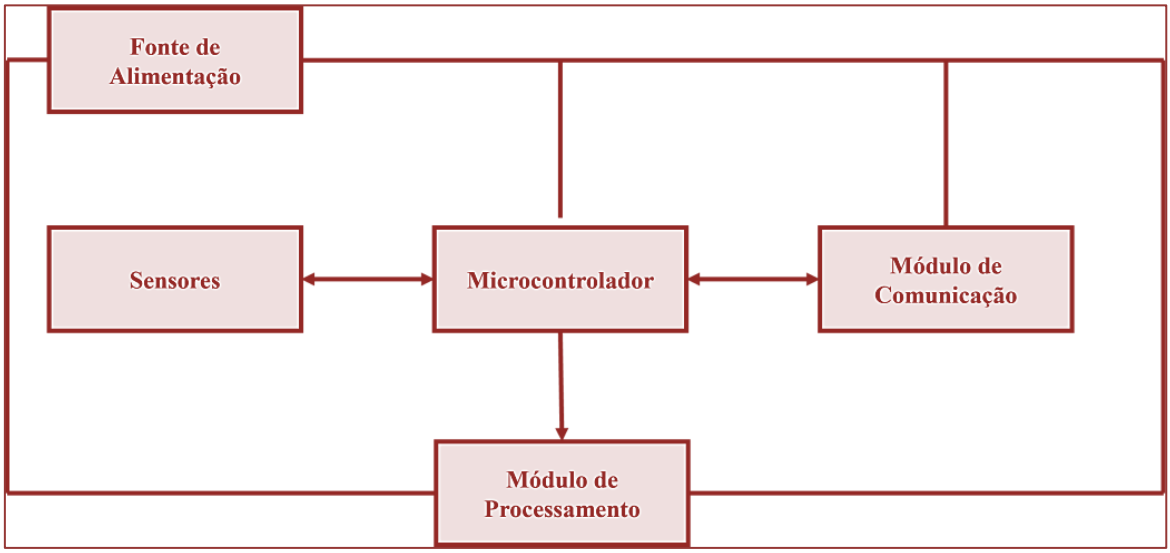
Tabela 5. Componentes de wearables

Referências	Componentes					
Rocha (2019)	Bateria	Microcontrolador ARM Cortex MO+	Amplificador	Sensor de pressão	Chip RFID	Memória
Dias et al. (2020)	Módulo Carregador	Microcontrolador	Buzzer	Acelerômetro		
Geraldo (2018)	Fonte de alimentação	MPU 6050	Processador PIC 18F258;	Sensor acelerômetro	Bluetooth HC 05	Software aplicativo para celular
Gonsalves e Siscoutto (2020)	Fonte de alimentação 12v	Arduíno Nano	Medidor de pressão OMRON modelo HEM-7113	sensor MAX30100; sensor FSR 402	Bluetooth	
Damasceno et al. (2021)	Baterias 3,7v ligadas em série	Microcontrolador	Módulo UMI	Sensor UMI	Módulo bluetooth	Sistema controlador de tensão
Conclusão	Fonte de alimentação	Microcontrolador	Módulo de processamento	Sensores	Módulo de comunicação	

Fonte: dados coletados pelos autores.

Como mostram os dados contidos na tabela 5, concluiu-se conforme a literatura que para se montar um dispositivo vestível é necessário um microcontrolador, uma fonte de alimentação, sensores, um módulo de comunicação e um módulo de processamento. Com base nessas conclusões baseadas na revisão da literatura, procurou-se montar um modelo genérico representativo da estrutura de componentes, como demonstrado na figura 2.

Figura 2: Wearables componentes.



Fonte: dados coletados pelos autores.

Para esse estudo, procurou-se usar a estrutura de componentes como representada na figura 2. Essa é uma representação genérica do que se pretende desenvolver durante este estudo. A priori definiu-se que serão necessários um microcontrolador, um módulo de comunicação, um módulo para processamento,

sensores voltados para a aplicação a ser desenvolvida e uma fonte de alimentação, podendo essa estrutura ser modificada no decorrer do desenvolvimento da aplicação. Alguns estudos que focaram no uso de wearables para monitoramento da saúde foram descritos foram encontrados na literatura. O estudo de Hunter et al (2022) teve como objetivo usar smartwatches para avaliar as alterações na contagem de passos e frequência cardíaca de sobreviventes de cuidados intensivos após a admissão hospitalar com COVID-19.

O trabalho de Rosa e Tedesco (2018) propõe o desenvolvimento de um sistema para auxílio de profissionais de saúde, em relação ao monitoramento de pacientes que devem permanecer em regime de observação por determinado período. O monitoramento é feito através da leitura de sinais fisiológicos capturados por dispositivos vestíveis em que os dados permitem determinar o pré-diagnóstico, quando as medições são realizadas, assim como determinar qual a provável evolução deste diagnóstico.

O trabalho de Rocha (2019) propõe iniciar o desenvolvimento sobre um dispositivo implantável para aquisição contínua do sinal de pressão arterial visando a aplicação inicial em experimentação animal. A ideia foi conceber um dispositivo de baixo custo, utilizando componentes disponíveis comercialmente e a tecnologia RFID, para transmitir os dados de interesse para um hardware externo. O trabalho de Dias et al. (2020) apresenta o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de pessoas idosas dentro de um ambiente assistido. O sistema inclui um dispositivo vestível que contém sensores com os quais é possível detectar quedas e um aplicativo para dispositivos móveis.

AGRADECIMENTOS

Este artigo é o resultado do projeto de PD&I ARANOUÁ, realizado pelo Instituto Federal do Amazonas (IFAM) em parceria com a Samsung Eletrônica da Amazônia Ltda., usando recursos da Lei Federal nº 8.387/1991, estando sua divulgação e publicidade em conformidade com o previsto no artigo 39.º do Decreto nº 10.521/2020.

REFERÊNCIAS

[1] ALMEIDA, Carlos Otávio Ferreira de; MARIOTTINI, Isabella Rossi Pinheiro. Desafios à tributação indireta na era da Internet das Coisas: o exemplo da geladeira inteligente. Pensar-Revista de Ciências Jurídicas, v. 26, n. 4, p. 1-10, out./dez. 2021. https://doi.org/10.5020/2317-2150.2021.11445.

[2] ALMEIDA, Tatiana Domingues de. Padrões de similaridade entre modelos de negócio no contexto da internet das coisas. 2019. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

[3] ANDRADE et al, Pedro. Uma solução baseada na internet dos veículos inteligentes para vigilância metrológica de bombas de combustível. In: XV Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente - SBAI 2021, v. 1, n. 1, p. 2057-2062, 2021.

[4] ANDRADE, Leandro et al. Do device à cloud com a Plataforma SOFT-IoT: sua infraestrutura IoT em poucas horas. Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web: Minicursos, Salvador, Bahia, 16 a 19 de outubro de 2018.

[5] ARAUJO, Camila Gonzaga de. Modelos para avaliação de disponibilidade em ambiente de internet das coisas: um estudo aplicado em serviços mHealth utilizando dispositivo wearable. 2017. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

[6] ATASHZAR, S. Farokh; CARRIERE Jay; TAVAKOLI, Mahdi. Review: how can intelligent robots and smart mechatronic modules facilitate remote assessment, assistance, and rehabilitation for isolated adults

with neuro-musculoskeletal conditions. Frontiers in Robotics and AI Journal, v. 8, p. 1-19, 2021. https://doi.org/10.3389/frobt.2021.610529.

[7] AZEVEDO, Pollyane Emanuelle Oliveira de; AGUIAR JUNIOR, Edisio Alves de. Análise de possíveis impactos da indústria 4.0 na sustentabilidade ambiental. Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula, v. 5, n. 1, p. 11-29, 2022.

[8] BEAUCHAMP, U; PAPPOT, H; HOLLÄNDER-MIERITZ, C. The use of wearables in clinical trials during cancer treatment: systematic review. JMIR Mhealth Uhealth, v. 8, n. 11, p. 1-15, 2020. https://doi.org/10.2196/22006.

[9] BKHEET, Sana Abdelaziz; AGBINYA, Johnson I. A review of identity methods of internet of things (IOT). Advances in Internet of Things, v. 11, n. 4, p. 153-174, 2021. https://doi.org/10.4236/ait.2021.114011.

[10] BORGES, Allyson F. M. et al. Medidor de energia iot com integração do hardware e middleware. In: XV Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente - SBAI 2021, v. 1, n. 1, p. 669-674, 2021.

[11] BUENO, Robson Elias et al. A evolução da logística: procurement 4.0. In: MARTINS, Ernane Rosa. (Org.). Engenharia de produção: gestão de qualidade, produção e operações. Guarujá: Científica Digital, 2021, pp. 14-27, v. 2.

[12] CARLOS, Ricardo Luiz; MATTOS, Claudia Aparecida de. O impacto da internet das coisas como facilitadora para práticas de economia circular. In: XLI Encontro Nacional de Engenharia de Produção; Contribuições da Engenharia de Produção para a Gestão de Operações Energéticas Sustentáveis, Foz do Iguaçu, Paraná, 18 a 21 de outubro de 2021.

[13] COSTA, Agenor Alexsander Carvalho. Inteligência artificial e seu potencial de utilização em investigações, processo judicial e na prevenção à violência conjugal. Revista de Direito e as Novas Tecnologias, v. 13, n. 12, p. 1-19, 2021.

[14] CRISPIM, Samara; CANAS, Adriano; JÚNIOR, Juscelino. Design contemporâneo e tecnologia a favor da cidade e da cidadania. In: 2nd International conference on design & digital communication, Barcelos, Portugal, 9 a 10 de novembro de 2018, p. 91-98.

[15] DAMASCENO, E. et al. Um dispositivo vestível para apoiar o tratamento da lombalgia mecânica. Revista Científica Multidisciplinar, v. 2, n. 2, p. 401-417, 2021. https://doi.org/10.47820/recima21.v2i2.107.

[16] DIAS, Elisângela Aparecida et al. Dispositivo vestível para monitoramento de pessoas idosas. Anais do XI Computer on the Beach, v. 11, n. 1, p. 012-013, 2020.

[17] DIAS, Lucas Benevides. Auto-Tuning de banco de dados NoSQL com dados de Internet das Coisas: um estudo de caso com o Cassandra. 2018. 75 f. Dissertação (Mestrado em Informática). Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

[18] DOMINGUESCHE, Felipe Barbosa. Desenvolvimento de uma plataforma de internet das coisas (IoT) integrado a redes de sensores sem fio. Revista Tecnológica da Fatec Americana, v. 9, n. 01, p. 51-67, 2021. https://doi.org/10.47283/244670492021090150.

[19] FERNÁNDEZ-CARAMÉS, Tiago M.; FRAGA-LAMAS, Paula. Towards the Internet of smart clothing: A review on IoT wearables and garments for creating intelligent connected e-textiles. Electronics, v. 7, n. 12, p. 405-442, 2018. https://doi.org/10.3390/electronics7120405.

[20] FERREIRA, Denise Luz; SEIFERT, Amanda Antune; VENANZI, Délvio. Conectividade de processos na supply chain por meio das tecnologias da internet das coisas (IoT) e softwares: caso da empresa ABC. Revista Fatec Zona Sul, v. 8, n. 3, p. 1-15, 2022.

[21] GERALDO, Ana Cristina Ferreira. Tecnologias vestíveis aplicadas à saúde da coluna vertebral. 437 f. 2018. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da Informação e Comunicação). Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Araranguá, 2018.

[22] GOMES, Pedro Ivo. A Estratégia de aprendizagem tecnológica para inovação: Uma simulação de sua operacionalização em uma empresa de automação industrial. Technological Learning and Industrial Innovation Working Paper Series, n. 1, p. 1-40, 2021. https://doi.org/10.12660/tliiwps.84944.

[23] GONÇALVES, Renata Benigna. O paradoxo da privacidade no uso de wearables em praticantes de atividades físicas. 2021. 92 f. Dissertação (Mestrado em Comportamento do Consumidor). Escola Superior de Propaganda e Marketing, São Paulo, 2021.

[24] GONSALVES, Alexandre dos Santos; SISCOUTTO, Robson Augusto. Solução de baixo custo para o monitoramento de sinais vitais, em tempo real, fazendo uso de sensores e arduino. Colloquium Exactarum, v. 12, n. 2, p.102-118, 2020. https://doi.org/10.5747/ce.2020.v12.n2.e322.

[25] HAGHI, Mostafa; THUROW, Kerstin; STOLL, Regina. Wearable devices in medical internet of things: scientific research and commercially available devices. The Korean Society of Medical Informatics, v. 23, n. 1, p. 4-15, 2017. https://doi.org/10.4258/hir.2017.23.1.4.

[26] HIRTEN, Robert P. et al. Wearable devices are well accepted by patients in the study and management of inflammatory bowel disease: a survey study. Digestive Diseases and Sciences, v. 66, n. 6, p. 1836-1844, 2021. https://doi.org/10.1007/s10620-020-06493-y.

[27] HUNTER A. et al. Using smartwatches to observe changes in activity during recovery from critical illness following COVID-19 critical care admission: 1-year, multicenter observational study. JMIR Rehabil Assist Technol, v. 9, n. 2, p. 1-11:e25494, 2022. https://rehab.jmir.org/2022/2/e25494.

[28] KAIEN, Gu; KIRSTEN, Marshall; QUINN, Robertson-Stovel; SHELLEY, Zieroth. Polymorphic ventricular tachycardia detected with a smartwatch. CJC Open Journal, v. 4, p. 424-427, 2022. https://doi.org/10.1016/j.cjco.2021.12.003.

[29] MAGALHAES, Alex et al. Uma plataforma de tempo real para priorização de serviços de IoT na nuvem. In: VII Brazilian Symposium on Computing Systems Engineering, Curitiba, Paraná, 7 a 10 de novembro de 2017.

[30] MAGALHÃES, G. C.; ANTAS, B. C. M. R.; MARTINS, R. L.; SANTOS, C. F. P.; CHAVES, P. K. A.; COSTA-RIBEIRO, A. Implicações e benefícios da smart rehabilitation nas disfunções neurológicas: uma revisão narrativa. Research, Society and Development, [S. l.], v. 11, n. 1, p. e34111124856, 2022. https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.24856.

[31] MARTINS, Neusa R. Adão et al. Fatigue monitoring through wearables: a state-of-the-art review. Frontiers in Physiology, v. 12, p. 1-25, 2021. https://doi.org/10.3389/fphys.2021.790292.

[32] MONTEIRO, Gustavo Dias; LIMA, Júnio Cesar. Protocolos de comunicação e modelos de integração de aplicações no contexto da Internet das Coisas. Anais da XIV Semana de Informática, v. 2, p. 23-25, 2021.

[33] MOREIRA, Waldir; AICOS, Fraunhofer Portugal. Implantação de múltiplos gateways IoT definido por software e virtualizado para campus inteligente. Revista de Sistemas de Informação da FSMA, n. 25, p. 2-18, 2020.

[34] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. Manual do método científico-tecnológico: edição sintética. Florianópolis: DNS editor, 2020.

[35] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. Handbook of the scientific-method: synthetic edition. Manaus: DNS editor, 2021a.

[36] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. Manual do método científico-tecnológico: fundamentos. Manaus: DNS Editor, 2021b.

[37] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. Manual do método científico-tecnológico: questões de pesquisa. Manaus: DNS Editor, 2021c.

[38] OLIVEIRA JUNIOR, Ilson; SANTOS, Franck Cione Coelho. Inteligência artificial e policiamento preditivo: possibilidades de inovação tecnológica para a Polícia Militar do Paraná no enfrentamento aos crimes violentos contra o patrimônio com emprego de explosivos. Brazilian Journal of Technology, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 30-62, 2022. https://doi.org/10.38152/bjtv5n1-003.

[39] PARK, Sungmee; JAYARAMAN, Sundaresan. Wearables: fundamentals, advancements, and a roadmap for the future. In: In: SAZONOV, Edward. (Ed.). Wearable sensors: Fundamentals, Implementation and Applications. 2. ed., London: Academic Press, 2021, p. 3-27.

[40] QUINGERSKI, Leandro. KE-IoT: uma proposta de modelo baseado em conhecimento para ambientes de internet das coisas (IoT). 2019. 172 f. Dissertação Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

[41] ROCHA, Ricardo Estéfani França. Plataforma microeletrônica implantável de comunicação sem fio para aquisição de dados fisiológicos. 2019. 79 f. Dissertação (Mestrado em Física Aplicada à Medicina). Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2019.

[42] ROSA, Chrystofer Jost da; TEDESCO, Leonel Pablo. Análise de sinais fisiológicos utilizando métodos de inteligência artificial para determinar pré-diagnósticos. Anais do IX Salão de Ensino e de Extensão, Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul, 22 a 26 de outubro de 2018.

[43] SANTOS, Brena; SILVA, Francisco Airton; SOARES, André. Redes de sensores IoT em edifícios inteligentes: uma avaliação de desempenho usando modelos de filas. In: XVII Workshop em Desempenho de Sistemas Computacionais e de Comunicação (WPerformance). Evento Online. Anais.... Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, p. 25-36, 2021.

[44] SANTOS, Eduardo Filipe Gregório dos. Manutenção aeronáutica preditiva: procedimentos, técnicas e business models. 2019. 72 f. Dissertação (Mestrado em Marketing, Operações e Gestão Geral). Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, 2019.

[45] SANTOS, Ezequiel França dos. Gestos e jogos: Reflexões e desenvolvimento de um sistema de detecção de gestos baseado em wearables para controle de jogos. 2022. 103 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Jogos Digitais). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2022.

[46] SANTOS, Izaias Batista dos et al. Internet das coisas (IoT) aplicada ao agronegócio: Projeto e implementação de um gateway de IoT sobre a plataforma Arduino para simplificar a automatização da aquicultura. Brazilian Journal of Development, v. 5, n. 11, p. 26631-26653, 2019. https://doi.org/10.34117/bjdv5n11-292.

[47] SILVA, Ângelo Guimarães; MICHEL, Hugo César Coelho. Gateway LoRaWAN com conexão OPC UA para dispositivos IoT industriais. In: XV Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente - SBAI 2021, v. 1, n. 1, p. 195-201, 2021. https://doi.org/10.20906/sbai.v1i1.2571.

[48] SMUCK, Matthew et al. The emerging clinical role of wearables: factors for successful implementation in healthcare. NPJ Digital Medicine, v. 4, n. 45, p. 1-8, 2021. https://doi.org/10.1038/s41746-021-00418-3.

[49] STANESCU, Dan F.; ROMASCANU, Marius C. Applying technology acceptance model (TAM) to explore users' behavioral intention to adopt wearables technologies. Strategica, p. 817-829, 2021.

[50] STEFANA, E. et al. Wearable devices for ergonomics: a systematic literature review. Sensors, v. 21, ed. 3, p. 1-24, 2021. https://doi.org/10.3390/s21030777.

[51] TIBÚRCIO, Pablo; SANTOS, Marcelo; FERNANDES, Stênio. Cidades Inteligentes: Uma arquitetura de Gerenciamento Autonômica no Contexto de IoT. In: Anais do IV Workshop Pré-IETF, SBC, São Paulo, 2 a 6 de julho de 2017, p. 306 -320.

Capítulo 3

Componentes de um sistema de validação de informações passível de ser aplicado na área da saúde utilizando a tangle da IOTA em internet das coisas

Felipe de Menezes Santos, Gilbert Breves Martins, Alyson de Jesus dos Santos, Vitor Bremgartner da Frota, Daniel Nascimento e Silva

1. INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, o homem, em seu convívio social, adotou procedimentos em larga escala e novas tecnologias que possibilitaram a geração de mais recursos para o desenvolvimento de seus trabalhos com mais rapidez, objetividade e segurança em seus artefatos. Com o advento da Internet das Coisas (Internet of Things, IoT) surgiu também uma demanda cada vez mais crescente de dispositivos que trocam dados entre si, bem como uma necessidade de melhoria de desempenho do fluxo das informações. As tecnologias IoT vêm recebendo grandes investimentos do setor privado e surgem como solução provável diante dos novos desafios de gestão pública, prometendo, a partir do processamento de dados em massa, soluções mais eficazes para problemas do cotidiano. No entanto, deve-se ter atenção aos possíveis riscos para a privacidade e a segurança dos usuários. Atualmente, criptomoedas foram desenvolvidas com a premissa de serem alternativas com mediação descentralizada na execução de suas transações, sendo os próprios participantes da rede que validam estas transações através de um consenso pré-definido.

Neste sentido, este estudo tem como objetivo descrever os componentes de um sistema de validação de informações passível de ser aplicado na área da saúde utilizando a Tangle da IOTA em internet das coisas. O uso da estrutura da tecnologia Tangle presente na criptomoeda IOTA chama a atenção por sua finalidade em aplicações de IoT. Esta estrutura se constitui de um banco de dados distribuído, fundamentado na integralidade e na imutabilidade das informações por parte de terceiros não autorizados. Possui baixo custo computacional na validação de dados leves, se comparada a outras estruturas presentes em outras criptomoedas. O desenvolvimento deste trabalho se justifica na premissa de que dispositivos de saúde interconectados podem permitir uma melhor interação entre pacientes, enfermeiros e médicos. Também se fundamenta na condição em que validar o funcionamento de uma estrutura como a Tangle, para verificar seu desempenho na prática, em aplicações cotidianas, é de grande ajuda na consolidação de implementações alternativas de tecnologias em IoT na sociedade.

2. VALIDAÇÃO DE INFORMAÇÕES: ARQUITETURA TEÓRICA

A revisão da literatura mostrou que processo é o termo mais frequente equivalente à validação de informações. Essa observação se dá pelo agrupamento semântico de três termos encontrados no levantamento bibliográfico. O primeiro deles é tarefa, apontado por Li e Horváth (2019), que se define como uma porção de trabalho que deve ser feito num prazo determinado. Desta forma é estabelecida uma relação com o termo processo,

que se define como uma realização de uma atividade prolongada; o segundo termo encontrado foi passo, que faz alusão a etapa, que pode ser definida como uma fase que compõe um processo. Encontrado no estudo de Gharpure (2019), esse termo trata de uma sequência contínua de fatos ou operações que se reproduzem com certa regularidade. Assim, há o entendimento de que a validação de informações é uma ação contínua e sequencial de tarefas separadas e organizadas em etapas.

Du et al. (2022) se referem à validação de informações como um objeto, algo conceitual ou físico para o qual converge um pensamento ou uma ação. A validação como objeto traz a ideia de que validar uma informação é fazer convergir os dados para que se cheguem a uma constatação lógica de que os fatos apresentados são reais e fidedignos. Essa constatação é um requisito fundamental para que se possam executar outras etapas até que a tecnologia de validação possa estar completada e em funcionamento.

O estudo desenvolvido por Pradhan e Wang (2020) sugere que a validação de informações pode ser equivalente a uma habilidade. O conceito de habilidade está intimamente relacionado com a aptidão para cumprir uma tarefa específica, com determinado nível de destreza. Ser hábil, portanto, é executar alguma coisa com maestria. Assim, ao ser validada uma informação se pode inferir que houve um processo acurado sobre ela para torná-la confiável e que possa servir para utilização em aplicações posteriores.

Os resultados mostrados no estudo de El-Ebiary et al. (2021) trazem o termo organização como um equivalente à ideia de validação de informações. Essa equivalência se dá precisamente pelo fato de que organização é realizada em forma de um sistema. Como todo sistema, dispõe-se a atingir determinados resultados pretendidos. Essa é uma palavra originada do grego organom, que significa instrumento, utensílio, órgão ou aquilo com que se trabalha. Essa relação é exatamente o que a ciência pretende significar com o ato de validar informação propriamente dito, ser um meio de se atingir um conhecimento confiável. Já o termo determinante também aparece na literatura como equivalente à validação de informações, conforme Van de Watering (2018). O significado de determinante está ligado a algo que especifica o sentido de outro termo. É esse justamente o papel do processo de validação de uma informação na internet das coisas: atribuir a ela um significado dentro de um contexto a ser investigado. A tabela 1 sintetiza todos os termos de equivalência de validação de informações encontrado na literatura, que também representam as principais abordagens dessa tecnologia sob o ponto de vista da ciência.

Tabela 1. Termos de equivalência de validação de informações

Autores	Respostas	Grupo semântico
Li (2019); Horvath (2019)	Tarefa	Processo
Gharpure (2019)	Passo	
Du et al. (2022)	Objeto	Objeto
Pradhan; Wang (2020)	Habilidade	Habilidade
El-Ebiary et al. (2021)	Organização	Organização
Van de Watering (2018)	Determinante	Determinante
Oliveira (2018)	Construção	Construção
Arquam; Singh; Sharma (2021)	Credibilidade	Credibilidade

Fonte: dados coletados pelos autores

Construção foi um termo utilizado no estudo de Oliveira (2018) como correspondente a validação de informações porque faz menção à ideia de edificar, fabricar ou desenvolver uma obra, seja de engenharia, seja de outra natureza física ou extrafísica. Em síntese, construir traz a concepção de que uma informação validada é fruto de um processo de construção de seu valor. Finalmente, a validação de informações também pode ser vista como uma credibilidade, como atestada no estudo de Arquam, Singh e Sharma (2021). o que está por trás dessa concepção é que, quando um dado em internet das coisas é validado dentro de um contexto com escopo bem definido, as análises que podem ser feitas a partir dele tendem a passar mais confiança para embasar outros estudos semelhantes. Neste sentido, para este estudo o termo de equivalência que vai ser utilizado é processo. A razão dessa escolhe é que, além de ser um dos termos mais citados no levantamento bibliográfico realizado, é através de um processo bem determinado, de um algoritmo bem definido, que a validação das informações pode trazer mais credibilidade aos seus usuários. Essas informações estão em constante fluxo em um sistema de internet das coisas. Como consequência, os componentes de um sistema que contêm estruturas descentralizadas para verificar dados são objetos passíveis de estudos para aplicação na área da saúde. É preciso, agora, conhecer as principais características da validação de informações.

O resultado da literatura revisada apresentou alguns atributos fundamentais para a compreensão da operacionalidade dos termos de equivalência descritos acima. O atributo que teve tem mais frequente aparição foi o termo fundamental, constante nos estudos de Gharpure (2019) e Oliveira (2018). O termo fundamental traz a ideia de que validar uma informação é algo que serve de fundamento ou base para a continuidade de um processo. Fundamento foi um resultado também de um agrupamento semântico, que inclui o termo básico, levantado no estudo de Oliveira (2018). Básico é aquilo que serve de base, que é essencial e traz uma fundamentação estrutural. Neste particular, algo é básico quando é um fundamento para outros que se assentarão sobre ele. É neste sentido que se deve perceber a relação semântica entre esses termos que caracterizam a validação de informações.

O atributo julgamento, advindo da expressão “de julgar”, presente no estudo de Pradhan e Wang (2020), foi trazido também a este estudo através da literatura revisada. Nesta conjuntura, o termo julgamento faz alusão ao processo pelo qual é feita a checagem de uma informação para se certificar se é válida ou não, dependendo do contexto em que é inserida. O julgamento, naturalmente, é feito com base nos resultados das análises de dados, em conformidade com determinados parâmetros e indicadores. Não é um simples ato de julgar. Na verdade, é uma forma de tomada de decisão baseada em dados.

O atributo digital também faz parte da validação de informações, como também mostra o estudo de Pradhan e Wang (2020). Esta característica é especificamente aplicada ao contexto da internet das coisas e remete ao fato de que o fluxo de informações em IoT ocorre de maneira computacional. Isso significa que a verificação das informações é feita através de algoritmos estruturados, baseados em dados obtidos a partir de uma sistemática criada especialmente para esse fim. Os dados digitais substituem com mais velocidade e precisão aqueles coletados por meios mecânicos. A tabela 2 sintetiza essas descobertas.

Tabela 2. Atributos de validação de informações

Referências	Atributos	Grupos semânticos
Gharpure (2019); Oliveira (2018)	Fundamento	Fundamental
Oliveira (2018)	Básico	
Pradhan (2020)	Julgamento	Julgamento
Pradhan (2020)	Digital	Digital
El-Ebiary (2021)	Distribuição	Distribuição
Arquam (2021)	Média	Média
Van de Watering (2018)	Organização	Organização

Fonte: dados coletados pelos autores.

O atributo distribuído é aplicado a validação de informação segundo El-Ebiary et al. (2021). Essa característica é análoga ao que acontece com a natureza da estrutura Tangle, que foi projetada para ser um meio de validação matemática computacional, de maneira descentralizada e distribuída por intermédio de elementos participantes da rede de um sistema IoT. A ideia de distribuição como característica da validação é decorrente justamente do fato de que as informações são compartilhadas, distribuídas, entre agentes e dispositivos previamente definidos para tal.

De acordo com o estudo de Arquam (2021), o termo média pode ser utilizado como uma característica da validação de informações. Nesse trabalho é destacado que a credibilidade média para as informações é tomada para que sejam validadas. O significado de uma média é algo que está no meio entre dois valores absolutos ou extremos, ou seja, a validação de informações tem como um de seus atributos chegar em um consenso entre extremos.

Organização é outro termo que caracteriza a validação de informações, conforme o estudo de Van de Watering (2018). Organização é todo agrupamento humano que tem objetivo em comum devidamente planejado e consensuado. Para que o objetivo possa ser alcançado com adequação, as organizações criam e fazem funcionar diversos fluxos de informações, tanto internos quanto externos, com origens e destinos determinados, que precisam, na maioria das vezes, validar o que é transmitido. É nesse sentido que organização é um atributo da validação de informações, pois é a partir da validade das informações que o funcionamento de toda e qualquer organização pode ser aferido é considerado eficiente e eficaz.

Para este trabalho, visando uma conexão com o contexto de internet das coisas e uso de tecnologias descentralizadas, a validação de informações será tomada como um processo fundamental, digital e distribuído para trazer credibilidade aos dados de um sistema IoT. A aplicação desta definição na área da saúde está em consonância com a literatura e permite a criação de um sistema de validação a partir de componentes tais como sensores, microcontroladores e estruturas de dados computacionais. Esses componentes podem trabalhar juntos desempenhando um importante papel para o fluxo das informações que neles transitam, servindo assim como base confiável para o processo de tomada de decisão.

2.1. COMPONENTES DE UM SISTEMA DE VALIDAÇÃO DE INFORMAÇÕES

Com a demanda por soluções voltadas para internet das coisas surgiu uma proposta para transações financeiras, seguras e descentralizadas: a criação da criptomoeda IOTA em 2016 (SHABANDRI; MAHESHWARI, 2019). O nome IOTA não é uma abreviatura. Na verdade, é um trocadilho que referência a sigla IoT e a letra grega iota.

Este termo era utilizado principalmente no século XVII para se referir a um pequeno montante, referenciando o fato desta letra ser a menor letra do alfabeto grego. Sua proposta permite que sejam realizadas microtransações sem custos adicionais para serem executadas em dispositivos (MUTHULAKSHMI et al., 2022; PRADHAN et al., 2022; SARFRAZ et al., 2019).

A tecnologia agregada ao IOTA é o Tangle. O matemático Popov (2018) descreveu esta estrutura que não utiliza blocos sequenciais, como o Blockchain. Ela é um grafo acíclico dirigido (directed acyclic graph, DAG) onde cada nó deste grafo é uma transação. O DAG é flexível e elimina a possível centralização da rede, algo que pode acontecer com uma rede Blockchain sem regulações de mineração, conforme foi estudado por Eyal e Sirer (2014). Foram levantados dados de sistemas já projetados que utilizam a mesma tecnologia em aplicações diversas a fim utilizá-los como fundamento para a metodologia de desenvolvimento deste trabalho. O objetivo foi estruturar um sistema IoT na área da saúde que utiliza o Tangle da IOTA para validação de informações.

O estudo de Barbosa et al. (2019) aponta quatro componentes das validações de informações feitas com o uso da Tangle da IOTA: sensores, carteira, canal MAM do vendedor e Canal MAM do sensor store. O funcionamento desse mecanismo é decorrente do fato de que um distributed ledger é capaz de realizar transações de pagamento entre compradores e vendedores. O mecanismo é o responsável por gerar essas medições e fazer as publicações dos dados na Tangle a partir do canal MAM do vendedor. O sistema também armazena a chave privada (seed) e as chaves públicas (endereços) de cada usuário. O mecanismo registra as mensurações de cada dispositivo na Tangle por meio de um canal MAM restrito (GAO et al., 2022; TESEI et al., 2023), que é o meio de comunicação da loja com os dispositivos.

O trabalho de Silvano, Marcelino e Vigil (2021) mostra seis componentes para um sistema que valida informações através da Tangle da IOTA: canal MAM, banco de dados, plataforma web, servidor, tangle e sistema embarcado com sensores. Em resumo, o funcionamento do sistema acontece da seguinte maneira: há um registro do canal IOTA dos sensores no sistema Web, como também é feito um registro de canal para o banco de dados. Um front-end web apresenta os dados para verificação de informações atípicas. Essas informações são enviadas para um servidor, que roda um nó IOTA e depois os dados são enviados para a rede Tangle. Posteriormente esses dados são replicados na rede e, enquanto isso, de maneira paralela, os sensores coletam dados do ambiente.

Já Zheng et al. (2019) desenvolveram um sistema que faz uso da tecnologia Tangle da IOTA com os seguintes componentes: subscribers, canal MAM, a própria Tangle e publishers. Nesse sistema, os subscribers de um canal de dados receberão os novos dados publicados, que geralmente são criptografados. Há uma chave de descriptografia extra que pode ser necessária para descriptografar os dados recebidos. O principal protocolo de comunicação de dados utilizado no sistema proposto é o Masked Authenticated Messaging (MAM). Ele permite emitir e acessar um fluxo de dados criptografado no Tangle (ZHENG et al., 2023; GANGWANI et al., 2023), independentemente do tamanho ou custo de um dispositivo. Enquanto isso, no Tangle, os usuários da rede devem realizar um pequeno trabalho computacional para aprovar duas transações anteriores para emitir uma nova transação. Esta nova transação será validada por algumas transações subsequentes e o publisher pode ser uma organização qualquer que possua dispositivos e sensores inteligentes. Esses dispositivos, sensores e seus proprietários produzem dados relacionados à saúde, que são publicados no Tangle usando protocolos específicos de criptografia e privacidade.

No estudo de Nakada, Kien e Sekiya (2021), a tecnologia Tangle foi utilizada para validação de dados. Os componentes adotados para a implementação do sistema de micropagamentos utilizando dispositivos IoT foram o usuário vendedor, a própria IOTA Tangle e o usuário comprador. De maneira simplificada, nesse sistema o vendedor envia um menu com conjuntos de tipos de dados, preços e quantidades; já o comprador possui IOTA e quer comprar dados do vendedor. O IOTA Tangle precisa apenas aprovar a transação.

2.2. ARQUITETURA PARA VALIDAÇÃO DE INFORMAÇÕES COM TANGLE DA IOTA

A arquitetura proposta para este trabalho tem como fundamento ser um validador dos registros de informações relacionadas à área da saúde captadas através de um sensor em um sistema IoT. A tecnologia Tangle serve como um livro razão distribuído para registros de dados e transações feitas. Isso significa que quando uma informação é lida por um sensor contido no sistema, ela é transmitida a um servidor que solicita para a rede Tangle realizar uma verificação de segurança para poder comprovar que aquela informação tem credibilidade computacional. As transações na Tangle podem transportar dados ou valores monetários.

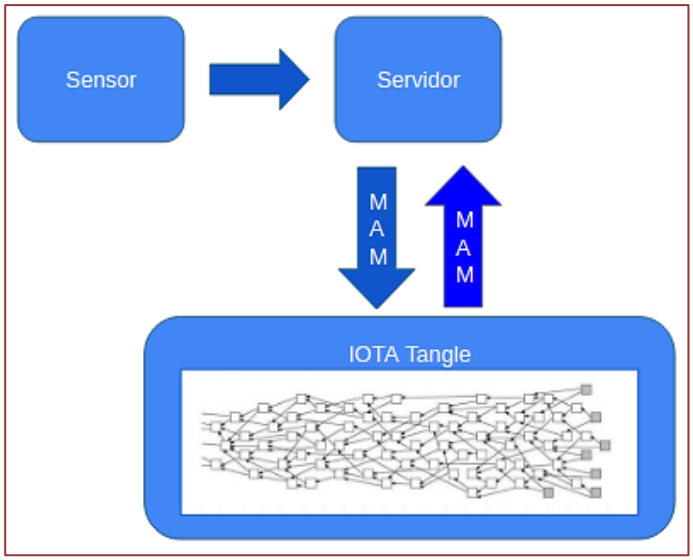
Tabela 4. Componentes de sistemas que utilizam a Tangle para validar informações.

Autores	Componentes					
Barbosa (2019)	Tangle	Canal MAM Vendedor	Sensor	Carteira	Canal MAM Sensor Store	
Silvano; Marcelino; Vigil (2021)	Tangle	Canal MAM	Sistema com Sensores	Servidor	Plataforma Web	Banco de Dados
Zheng et al. (2019)	Tangle	Canal MAM	Subscribers	Publishers		
Nakada; Kien; Sekiya (2021)	Tangle	Vendedor	Comprador			
Conclusão	Tangle	Canal MAM	Sensor	Servidor		

Fonte: dados levantados pelo autor

De acordo com os estudos de Bokolo (2023) e Abdullah et al. (2022), o canal MAM (Masked Authenticated Messaging), que é um protocolo de comunicação de dados, faz a emissão e o acesso a um fluxo de dados criptografados por meio de transações realizadas na rede Tangle. Esse canal seguro é de suma importância para que mensagens possam ser enviadas com controle de acesso, impossibilitando que terceiros consigam interferir nas informações enviadas. Desta maneira, através da criação deste canal de comunicação nos fluxos de dados no sistema, pode-se ter uma camada de segurança reforçada de acesso às informações contidas no mesmo.

Figura 1. Arquitetura do fluxo de informações nos componentes



Fonte: elaborado pelos autores.

Um sensor é um dispositivo que responde a um estímulo físico e produz um sinal que é transformado em outra grandeza física para monitoramento. Desta forma tem-se que os sensores no sistema podem, por exemplo, captar estímulos de imagem, transformar essas imagens em códigos que trafegam via rede até um servidor e classificá-las de acordo com o contexto de estudo na área da saúde. Um servidor é um recurso dentro de um sistema computacional capaz de receber solicitações, processar aplicações e armazenar dados. Esse recurso pode ser físico ou virtual. Dentro desta arquitetura proposta, o servidor tem um papel de recebimento de requisições por parte de estímulos físicos oriundos dos sensores e de processamento dos dados para sua posterior validação por parte da Tangle.

O levantamento de dados apresentado na tabela 4 será tomado neste trabalho para desenvolver um sistema IoT utilizando a tecnologia Tangle da IOTA para validação de informações. O componente básico a ser utilizado é um servidor que roda um nó IOTA para envio de dados para a rede Tangle. Essas informações são advindas de um sensor responsável por gerar as medições, enquanto o servidor deverá ser capaz de publicar os dados na Tangle através do canal MAM (Masked Authenticated Messaging).

Em uma aplicação prática para melhor entendimento, dentro deste sistema podemos ter uma câmera que consegue captar imagens, enviá-las através da rede para um servidor, que roda uma aplicação de classificação de imagens para auxílio em um veredito na área da saúde. Este servidor, por sua vez, a fim de legitimar a informação para aquele contexto, envia os dados identificados naquela imagem para que a rede Tangle possa fazer uma validação da credibilidade daquela informação.

3. ARQUITETURA METODOLÓGICA

Este estudo pretende criar uma arquitetura para validação de informações com o uso da tecnologia Tangle da IOTA. Essa arquitetura permite uma verificação dos fluxos de dados do sistema de maneira descentralizada (SALIMPOUR et al., 2023; ASLAM; MRISSA, 2023), onde o conceito de microtransações entre dispositivos no contexto da internet das

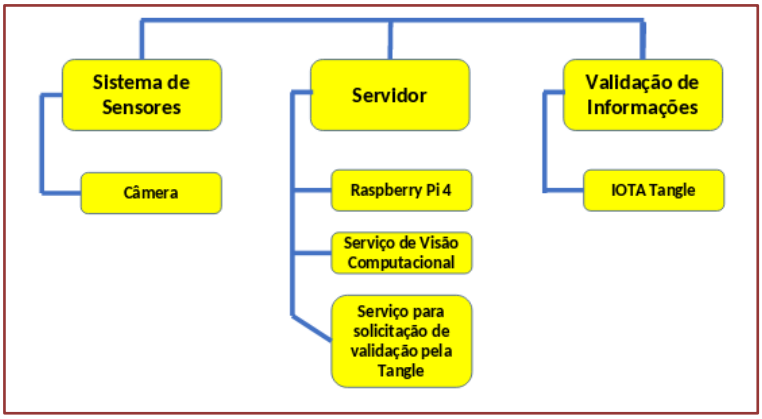
coisas pode ser verificado. Foram feitos levantamentos bibliográficos, em conformidade com as regras do método científico-tecnológico (NASCIMENTO-E-SILVA, 2020; 2021a; 2021b; 2021c). Através dessa abordagem, componentes para uma arquitetura baseada neste tipo de aplicação foram estudados, chegando-se à conclusão de que esta é uma arquitetura passível de ser aplicada para a área da saúde.

Uma das principais vantagens do uso tecnologia Tangle como agente de validação de dados na arquitetura apresentada é que ela transmite uma simplicidade em adicionar transações à rede (MOZAFFARI; RAHMATI, 2022; SHMATKO; KLIUCHKA, 2022; ERYILMAZ et al., 2020). O novo dado necessita apenas validar, resolvendo o problema matemático-computacional anterior, para geração de um hash criptográfico de duas transações pré-existentes. Isso se constitui como uma prova de trabalho, que é uma tarefa relativamente simples e é realizada em tempo constante. Desta forma o Tangle possui uma capacidade de se tornar cada vez mais eficiente à medida em que novos recursos são inseridos, se tornando uma estrutura que possibilita naturalmente uma boa escalabilidade em sistemas em que é inserida.

3.1. ESTRUTURA ANALÍTICA DA TECNOLOGIA

O sistema descrito no objetivo geral deste trabalho consiste em um verificador da correta administração de doses de vacina e a validação das informações de registro dela em uma estrutura descentralizada, a Tangle da IOTA. A figura 2 descreve os componentes de hardware e software que são utilizados.

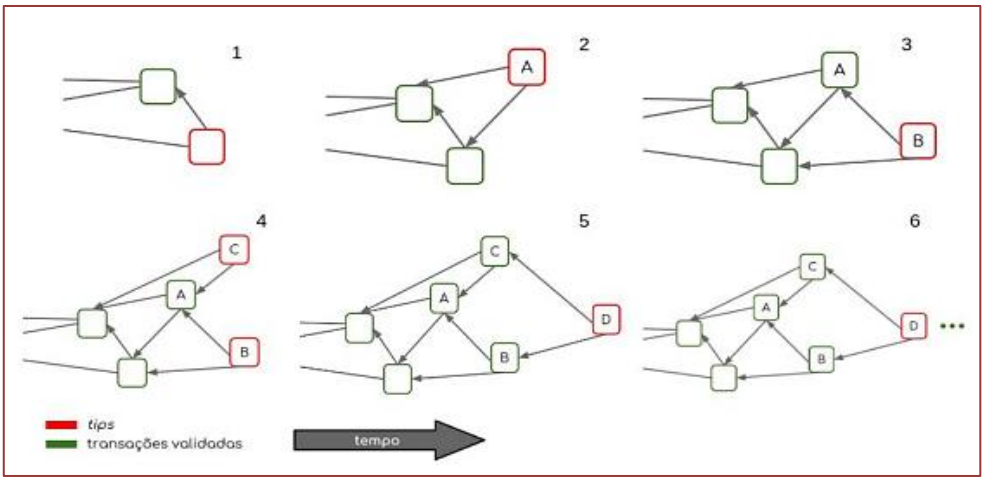
Figura 2. Estrutura analítica do fluxo de informações nos componentes.



Fonte: elaborado pelos autores.

O sistema de sensores do projeto faz referência a uma câmera que tem como papel captar imagens do ambiente. Essa câmera pode ser a de um smartphone, por exemplo, e as informações captadas são enviadas via rede para o servidor. O servidor no sistema é composto de hardware e software. O Raspberry PI 4 servirá como plataforma de hardware a ser utilizada. Ele é basicamente um pequeno computador com interface de prototipação eletrônica que, inicialmente, foi projetado para fins educacionais, mas que, ultimamente, tem sido utilizado amplamente em vários tipos de projeto na indústria (LIN; CHANG; CHANG, 2022; MOSTEIRO-SANCHEZ, 2023) e até na agricultura, como mostra o estudo de Flores et al. (2022). O software a ser embarcado no servidor é composto de dois serviços a serem desenvolvidos com linguagem de programação.

Figura 2. Fluxo de adição de transações no Tangle.



Fonte: baseado em Popov (2018).

A validação de informações se dá basicamente utilizando-se as regras implementadas pela Tangle, onde há um DAG (Directed acyclic graph) que possui inúmeros vértices e arestas com escalabilidade elevada (ROCHMAN et al., 2023; AL SADI et al, 2023; KO et al., 2023). No Tangle, cada nó é uma transação no qual, antes de ser inserido, ele deve executar uma validação em duas transações pré-existentes dentro da rede. Cada nó da rede, inicialmente, possui um determinado peso, que aumenta conforme novas transações o validam. Isso quer dizer que quanto maior o peso de um nó na rede, mais segura estará armazenada a sua informação correspondente. A figura 2 ilustra esse funcionamento.

3.2. MATERIAIS

Câmera: essa câmera é capaz de se conectar via rede, funciona como um sensor de imagem e tem o papel de observar a seringa que está sendo utilizada no momento da aplicação da dose da vacina. É através de sua visão que será possível detectar se há ou não conteúdo de dentro da seringa, por exemplo.

Raspberry PI 4: é o controlador utilizado no projeto. Ele recebe as informações enviadas pela câmera e executa o serviço de visão computacional para detectar se a seringa está carregada com conteúdo a ser administrado ou descarregada. Ele também executa o serviço de envio de informações referentes ao registro da dose, tais como o nome do agente de saúde, nome do paciente e o tipo e lote da vacina para a rede Tangle.

Serviço de visão computacional: responsável por classificar as imagens lidas pela câmera. Por exemplo, se é necessário saber se uma dose de uma vacina foi completamente administrada em um paciente. A ideia é que esse serviço seja capaz de saber se uma seringa está carregada ou descarregada. Para isso será utilizado um algoritmo de treinamento que depende de uma base de dados que, por sua vez, contém imagens de seringas carregadas e descarregadas. A exatidão chegará ao ponto em que, quando a câmera for apontada para uma seringa, esse serviço conseguirá fazer essa distinção e enviar esse dado para o serviço de solicitação de validação pela Tangle.

Serviço solicitação de validação pela Tangle: é capaz de receber uma requisição do serviço de visão computacional com dados relevantes sobre a aplicação da dose da vacina,

por exemplo, e transmitir essas informações via canal MAM para a rede Tangle fazer a validação dessa transação.

IOTA Tangle: é um livro-razão capaz de realizar transações de dados e validar as informações neles contidas de maneira computacional e retornar o status da solicitação. Desta maneira, ela retorna um hash computacional com os dados relacionados à vacina que foi aplicada, por exemplo.

3.3. MÉTODOS

O desenvolvimento do projeto se dará pelas seguintes etapas.

a) Estudo de viabilidade: consiste na adequação do procedimento da área da saúde escolhido ao uso do sistema planejado. Será feita uma pesquisa com profissionais da área a fim de coletar dados sobre o real proveito que um sistema como este poderia ter em suas atividades, pois eles, teoricamente, seriam os principais usuários. Caso haja alguma desconformidade, pequenas modificações estruturais podem e devem ser feitas.

b) Escolha da estrutura das informações a serem validadas: serão utilizadas nas transações na rede Tangle pública de desenvolvimento e arquitetação da estrutura do projeto de envio de dados do sistema para essa rede. Será feito um levantamento sobre quais informações são essenciais no processo de vacinação e a esquematização digital delas dentro da formatação que é exigida para que a Tangle possa operar.

c) Integração da câmera a ser utilizada como sensor com o Raspberry PI 4: será feito um esquema de comunicação entre esses materiais para possibilitar que o Raspberry receba dados de imagens da câmera em tempo real.

d) Desenvolvimento das rotas de requisições para o serviço de solicitação de validação do sistema para a rede Tangle: serão programadas funções em linguagem de programação para o recebimento de solicitações, usando o protocolo HTTP (HyperText Transfer Protocol) por serviços externos. Através do recebimento dessas requisições, por exemplo, pode ser possível enviar os dados necessários para dar início ao processo de validação das informações pela rede Tangle.

e) Desenvolvimento do serviço de visão computacional treinado para identificar status de uma seringa: consiste em identificar se há conteúdo para ser administrado por ela ou não. Esse serviço será desenvolvido a partir de algoritmos de treinamento baseados em princípios de redes neurais, será avaliada a taxa de assertividade de cada método para verificar qual obtém maior desempenho em classificar imagens neste contexto.

AGRADECIMENTOS

Este artigo é o resultado do projeto de PD&I ARANOUÁ, realizado pelo Instituto Federal do Amazonas (IFAM) em parceria com a Samsung Eletrônica da Amazônia Ltda., usando recursos da Lei Federal nº 8.387/1991, estando sua divulgação e publicidade em conformidade com o previsto no artigo 39.º do Decreto nº 10.521/2020.

REFERÊNCIAS

[1] ABDULLAH, Sidrah et al. PRISED tangle: a privacy-aware framework for smart healthcare data sharing using IOTA tangle. Complex & Intelligent Systems, p. 1-19, 2022. https://doi.org/10.1007/s40747-021-00610-8.

[2] AL SADI, Amir et al. P-IOTA: A Cloud-Based Geographically Distributed Threat Alert System That Leverages P4 and IOTA. Sensors, v. 23, n. 6, p. 2955, 2023. https://doi.org/10.3390/s23062955.

[3] ARQUAM, Md; SINGH, Anurag; SHARMA, Rajesh. A blockchain-based secured and trusted framework for information propagation on online social networks. Social Network Analysis and Mining, v. 11, n. 1, p. 1-16, 2021. https://doi.org/10.1007/s13278-021-00754-y.

[4] ASLAM, Sidra; MRISSA, Michael. A framework for privacy-aware and secure decentralized data storage. Computer Science and Information Systems, n. 00, p. 7-7, 2023. https://doi.org/10.2298/CSIS220110007A.

[5] BARBOSA, Caio Martins et al. Sensor Store: uma loja de dados de IoT usando Tangle. In: Anais do II Workshop em Blockchain: Teoria, Tecnologia e Aplicações, Gramado, 6 a 10 de maio de 2019.

[6] BOKOLO, Anthony Junior. A developed distributed ledger technology architectural layer framework for decentralized governance implementation in virtual enterprise. Information Systems and e-Business Management, 2023. https://doi.org/10.1007/s10257-023-00634-2.

[7] DU, Ben et al. IRR hygiene in the RPKI era. In: HOHLFELD, Oliver; MOURA, Giovane; PELSSER, Cristel. (Eds.). Passive and active measurement: 23rd International Conference, PAM 2022. Cham: Springer, 2022. p. 321-337.

[8] EL-EBIARY, Yousef A. Baker et al. Blockchain as a decentralized communication tool for sustainable development. In: 2nd International Conference on Smart Computing and Electronic Enterprise (ICSCEE). Cameron Highlands, Malaysia, 15-17 June 2021.

[9] ERYILMAZ, Utkan et al. Traceability blockchain prototype for regulated manufacturing industries. In: Proceedings of the 2020 2nd International Electronics Communication Conference. Singapore, 8th to 10th July, 2020.

[10] EYAL, Ittay; SIRER, Emin Gün. Majority is not enough: bitcoin mining is vulnerable. financial cryptography and data security. In: CHRISTIN, Nicolas; SAFAVI-NAINI, Reihaneh. (Eds.).

[11] International Conference on Financial Cryptography and Data Security. Berlin; Heidelberg: Springer, 2014.

[12] FLORES, Arturo et al. Energy Efficiency Using IOTA Tangle for Greenhouse Agriculture. In: LOSSIO-VENTURA, Juan Antonio et al. (Eds.). Information Management and Big Data: 8th Annual International Conference, SIMBig 2021, Virtual Event, December 1–3, 2021, Proceedings. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 122-138. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04447-2_9.

[13] GANGWANI, Pranav et al. Integration of Data Science and IoT with Blockchain for Industry 4.0. In: MAMASUDRA, Suyel; AKKAYA, Kemal. (Eds.). Blockchain and its applications in industry 4.0. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023. p. 139-177.

[14] GAO, Haoyu et al. BlockchainBot: A Novel Botnet Infrastructure Enhanced by Blockchain Technology and IoT. Electronics, v. 11, n. 7, p. 1065, 2022. https://doi.org/10.3390/electronics11071065.

[15] GHARPURE, Praful. Big data as catalyst for urban service delivery. In: SATAPATHY, S.; JOSHI, A. (Eds.). Information and communication technology for intelligent systems: smart innovation, systems and technologies. Singapore: Springer, 2019. p. 41-52.

[16] KO, Seoyoung et al. Asynchronous federated learning with directed acyclic graph-based blockchain in edge computing: Overview, design, and challenges. Expert Systems with Applications, p. 119896, 2023. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.119896

[17] LI, Yongzhe; HORVÁTH, Imre. Fundamentals and contributions to validation of constructive computational methodologies: a focused survey. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2019. p. 012108.

[18] LIN, Iuon-Chang; CHANG, Chin-Chen; CHANG, Yu-Sung. Data security and preservation mechanisms for industrial control network using IOTA. Symmetry, v. 14, n. 2, p. 237, 2022. https://doi.org/10.3390/sym14020237.

[19] MOSTEIRO-SANCHEZ, Aintzane et al. Trustworthy Users: using IOTA and IPFS for attribute validation in CP-ABE and dCP-ABE Schemes. Smart Cities, v. 6, n. 2, p. 913-928, 2023. https://doi.org/10.3390/smartcities6020044.

[20] MOZAFFARI, Morteza; RAHMATI, Farhad. Applying IOTA into distributed computing to master the uncertainty. AUT Journal of Mathematics and Computing, v. 3, n. 1, p. 93-99, 2022.

[21] MUTHULAKSHMI, S. et al. Improvising micro transactions using IOTA tangle on smart refrigerator applications. International Journal of Health Sciences, v. 6, p. 4955-4965, 2022. https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS4.9209.

[22] NAKADA, Ryota; NGUYEN, Kien; SEKIYA, Hiroo. Implementation of micropayment system using IoT devices. Journal of Signal Processing, v. 25, n. 4, p. 137-140, 2021. https://doi.org/10.2299/jsp.25.137.

[23] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. Manual do método científico-tecnológico: edição sintética. Florianópolis: DNS editor, 2020.

[24] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. Handbook of the scientific-method: synthetic edition. Manaus: DNS editor, 2021a.

[25] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. Manual do método científico-tecnológico: fundamentos. Manaus: DNS Editor, 2021b.

[26] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. Manual do método científico-tecnológico: questões de pesquisa. Manaus: DNS Editor, 2021c.

[27] OLIVEIRA, Myllena Paiva Pinto de. Funções semântico-pragmáticas das construções conformativas oracionais: uma análise centrada no uso. 2018. 120 f. Dissertação (Mestrado em Estudos da Linguagem). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2018.

[28] POPOV, Serguei. IOTA: a criptomoeda para a Internet-das-Coisas. Campinas: Imecc- Unicamp, 2018.

[29] PRADHAN, S.; WANG, S. Exploring factors influencing older adults' willingness to use robo-advisors. In: Australasian Conference on Information Systems, Wellington, New Zealand, 1st to 4th December 2020.

[30] PRADHAN, Nihar Ranjan et al. A blockchain based lightweight peer-to-peer energy trading framework for secured high throughput micro-transactions. Scientific Reports, v. 12, n. 1, p. 14523, 2022. https://doi.org/10.1038/s41598-022-18603-z.

[31] ROCHMAN, Syafiqur et al. Optimization of tips selection on the IOTA tangle for securing blockchain-based IoT transactions. Procedia Computer Science, v. 216, p. 230-236, 2023. https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.131.

[32] SARFRAZ, Umair et al. Privacy aware IOTA ledger: Decentralized mixing and unlinkable IOTA transactions. Computer Networks, v. 148, p. 361-372, 2019. https://doi.org/10.1016/j.comnet.2018.11.019.

[33] SHABANDRI, Bilal; MAHESHWARI, Piyush. Enhancing IoT security and privacy using distributed ledgers with IOTA and the tangle. In: 2019 6th International conference on signal processing and integrated networks (SPIN). IEEE, 2019. p. 1069-1075. https://doi.org/10.1109/SPIN.2019.8711591.

[34] SHMATKO, Olexander; KLIUCHKA, Yaroslav. A novel architecture of a secure medical data storage management system based on tangle. Scientific Collection «InterConf+», n. 27 (133), p. 361-374, 2022. https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.11.2022.033.

[35] SALIMPOUR, Sahar et al. Decentralized vision-based byzantine agent detection in multi-robot systems with iota smart contracts. In: JOURDAN, Guy-Vincent et al. (Eds.). Foundations and Practice of Security: 15th International Symposium, FPS 2022, Ottawa, ON, Canada, December 12–14, 2022, Revised Selected Papers. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. p. 322-337.

[36] SILVANO, Wellington Fernandes; MARCELINO, Roderval; VIGIL, Martín Augusto Gagliotti. Tecnologia blockchain-IOTA aplicada a rastreabilidade de produtos. Revista Tecnologia e Sociedade, v. 17, n. 46, p. 201-215, 2021. https://doi.org/10.3895/rts.v17n46.12091.

[37] TESEI, Andrea et al. A transparent distributed ledger-based certificate revocation scheme for VANETs. Journal of Network and Computer Applications, v. 212, n. 3, p. 103569, 2023. https://doi.org/10.1016/j.jnca.2022.103569.

[38] VAN DE WATERING BSC, JLA Joey. Organizational learning: on the relation between organizational tools and organizational performance. 2018. 70 f. Dissertação (Mestrado em Innovation Management). Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 2018.

[39] ZHENG, Xiaochen et al. Accelerating health data sharing: A solution based on the internet of things and distributed ledger technologies. Journal of Medical Internet Research, v. 21, n. 6, p. e13583, 2019. https://doi.org/10.2196/13583.

[40] ZHENG, Xiaochen et al. Applying distributed ledger technology to facilitate iiot data exchange: an approach based on iota tangle. In: ARCHIMÈDE, B.; DUCQ, Y.; YOUNG, B.; KARRAY, H. (Eds.). Enterprise Interoperability IX. I-ESA 2020. Proceedings of the I-ESA Conferences, v. 10. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90387-9_6.

Capítulo 4

Uma proposta de etapas de criptografia no ambiente da internet das coisas

Gilson Farias Belém, Alyson de Jesus dos Santos, Vitor Bremgartner da Frota, Daniel Nascimento e Silva

1. INTRODUÇÃO

Esse estudo tem o objetivo de propor etapas no processo de criptografia no ambiente de internet das coisas. A Internet das Coisas, também denominada IoT, pode ser definida como uma rede de objetos que trocam informação entre si através da internet. O aumento da utilização de objetos como smart TV, câmeras de vídeos e SmartWatch, entre outras coisas, faz crescer também a preocupação com a segurança dos dados que trafegam através da internet. A criptografia é um mecanismo de muita importância dentre os recursos que a segurança dos dados tem para combater o acesso indevido.

A internet das coisas está por toda parte. Está nos diferentes tipos de indústrias (ZHANG et al., 2023; MISHRA; SHARMA, 2023; ARFF et al., 2023), serviços (SAMAMA; PATAROT, 2023; ALHASAN et al., 2023; KRISHNAN et al., 2023) e comércio (ARGYROPOULOU et al., 2023; SAXENA; DHOTE, 2023; MOHAN; THALARI, 2023). Os equipamentos, sensores e atuadores são criados e produzidos sem qualquer referência. E isso já vem se tornando um problema. Muitas vezes os dados produzidos por esses equipamentos trafegam pela internet sem qualquer segurança, podendo ser interceptados por cibercriminosos. Se antes a segurança não era prioridade, no atual contexto, em que cibercriminosos invadem sistema de marca-passos, casas inteligentes e sabotam indústrias, a criptografia vem se tornando cada vez mais essencial para a segurança dos dados.

Neste sentido, o objetivo deste estudo é propor um caminho capaz de deixar o tráfego de informações no contexto de internet das coisas mais seguro. A mensagem origem é a primeira etapa a ser trabalhada, onde o remetente cria de forma legível as informações que quer transmitir ao destinatário. A adição de chave é a segunda etapa, na qual o sistema determina a função que o algoritmo vai usar para criptografar, na fase inicial, e descriptografar, na final. A criptografia é a terceira etapa, onde a mensagem é transformada em cifras. A internet é a quarta etapa, que é o meio pelo qual a mensagem transita até o destinatário. A descriptografia é a quinta etapa, na qual o processo de cifragem é revertido e a menagem se torna legível. A mensagem final é a etapa em que o destinatário lê o conteúdo e toma ciência das informações ali contidas.

2. CRIPTOGRAFIA: ARQUITETURA TEÓRICA

A análise da literatura permitiu criar o grupo semântico “arte e ciência” como a junção dos termos mais frequentemente usados para conceituar a criptografia. O termo arte foi citado nos estudos de Estevam (2017), Messani (2014), Moura (2006), Raposo e Aguilar (2015) e Salazar e Silva (2016). O termo ciência, o segundo mais citado, foi apontado nos estudos de Muniz, Nogueira e Amaral (2013) e Saavedra, Sales e Pereira

(2020). A arte, cuja significação indica técnica e/ou habilidade para se fazer alguma coisa, complementa o termo ciência, que representa todo conhecimento adquirido através da obediência ao método científico, sintetizado, na concepção de Nascimento-e-Silva (2020; 2021a; 2021b; 2021c), como formulação de pergunta, coleta e organização de dados empíricos para a geração das respostas procuradas.

O termo método também aparece como equivalente a criptografia, citado nos estudos de Alves (2021) e Lopes (2021). A definição do conceito método tem a ideia de técnica ou meio pelo qual alguma coisa pode ser feita, desde que seguidas determinadas regras para a execução e cada uma de suas etapas. Assim, sob a perspectiva da criptografia, a ação deve ser executada com lógica, organização e obedecer a técnicas previamente elaborada. Esse seria o meio pelo qual a ação deve ser executada para garantir a segurança da informação, transformando mensagens legíveis em cifras e as cifras em mensagem legíveis.

Tabela 1. Criptografia: termos de equivalência

Referências	Termos de equivalência	Grupos semânticos
Muniz; Nogueira; Amaral (2013); Saavedra; Sales; Pereira (2020).	Ciência	Arte e ciência
Devegili (2001); Lopes (2003).	Arte e Ciência	
Litoldo; brito (2016).	Arte e Ciência	
Estevam (2017); Messani (2014); Moura (2006); Raposo; Aguilar (2015); Salazar (2016);	Arte	
Alves (2021); Lopes (2021).	Método	
Carvalho Filho (2008).	Processo	
Souza; Gitahy (2006); Lima (2019).	Conjunto	
Kotaki (2021)	Forma	
Luz (2006).	Estudo	
Matsumoto (2014); Silva (2020).	Técnicas	
Moreno; Pereira; Chiaramonte (2005).	Capacidade	

Fonte: dados coletados pelos autores.

A criptografia também poder ser entendida com um processo. Esse termo foi encontrado no estudo de Carvalho Filho (2008). O termo processo se apresenta com o sentido de ou maneira de se fazer alguma coisa, de ação contínua e prolongada, realização permanente de determinada atividade. O termo vem afirmar a padronização, organização e a maneira de como deve ser executada determinada ação. Exemplificando, a criptografia segue padrões de organização e execução de atividade para criação de mensagem cifrada. Essas duas atividades centrais são executadas seguindo procedimentos predeterminados, previamente testados, que culminam na materialização daquilo que está sendo pretendido, que é a criptografia e a descriptografia.

O termo conjunto também aparece como equivalente a criptografia e foi pontuado nos estudos de Souza e Gitahy (2006) e Lima (2019). O termo conjunto se refere ao conceito de criptografado e tem o objetivo de expressar, enfatizar, uma coleção de regras a serem seguidas para a execução de determinada atividade. No contexto da criptografia a coleção de regras ou normas pode ser exemplificada em algorítimos que transformam mensagem em códigos, enviam-na a um destino e, no destino, o código é novamente decodificado, tornado a mensagem legível novamente.

A criptografia também pode ser entendida como uma forma de aumentar a segurança dos dados que trafegam na internet, como pode ser constatado no estudo de Kotaki (2021). No âmbito da criptografia o termo forma se apresenta no sentido de ou maneira de como algo é estabelecido, o modo através do qual é feita alguma coisa. O modo que uma pessoa se expressa através da escrita ou em sua maneira de conversar também pode afirmar que é a forma da pessoa de escrever ou falar. Seguindo essa lógica, as mensagens, para serem cifradas, devem obedecer a um modo, a uma maneira de executar determinada ação.

A criptografia pode ser entendida como um estudo, maneira ou modo de como algo ou uma ação pode ser executada, constante no estudo de Luz (2006). O termo é citado no sentido de estudo das técnicas, de como executar uma ação, de ocultar menagens inicialmente legível em cifra, para que ao chegue ao destino de forma segura. O uso do termo ainda pode ser justificado ao observar as várias maneiras ou modos de como é possível a execução da ação de ocultar uma mensagem. A criptografia também pode ser uma técnica enquanto procedimento que tem como objetivo a obtenção de um determinado resultado (MATSUMOTO, 2014; SILVA, 2020). A palavra técnica vem do grego téchne, que se traduz por “arte” ou “ciência”. A técnica poder ser entendia ainda como um conjunto de regras, norma ou protocolos que pretende atingir determinada meta. No contesto da criptografia, técnica enfatiza o processo de como deve ser executada determinada ação, seguindo regras e padrões pré-determinados.

O termo capacidade também aparece como equivalente a criptografia (MORENO; PEREIRA; CHIARAMONTE (2005). Capacidade aparece com o sentido da habilidade de cifrar, ocultar um texto. A pesa de o termo ter o significado primordial de volume no contexto da matemática, no âmbito da criptografia pretende enfatizar a habilidade de cifrar e decifrar mensagens, obedecendo às regras predeterminadas. Assim, afirmar que a criptografia é equivalente a capacidade é justamente reafirmar a habilidade que ela tem de ocultar mensagens.

Neste sentido, para este estudo, o termo de equivalência que vai ser utilizado é ciência. Em seu conceito básico, ciência significa conhecimento, saber; porém, também pode ser denominada como esforço para descobrir e aumentar o conhecimento humano em determinada área, em determinado assunto. Apesar de o termo criptografia ser atual e bastante conhecido, principalmente pela área da computação, a criptografado não é algo tão novo assim. A primeira mensagem cifrada que se tem conhecimento foi feita no Egito, no ano de 1900 a.C. Isso demonstra que a criptografia não pode ser subestimada em suas variações ou simplificada em seus conceitos. Por essa razão é fundamental que suas principais características sejam conhecidas, especialmente as que já fazem parte do estoque de conhecimento científico.

A análise da literatura permitiu criar sete agrupamentos semânticos das principais características da criptografia. O primeiro foi denominado cifras, no sentido de cifrar textos. Seu conceito básico é o ocultamento de informações através da combinação secreta dos algarismos, convertendo as linguagens compreensíveis unicamente para o destinatário. Nesta linha, as cifras são pontuadas nos estudos de Souza e Gitahy (2006), Lima (2019), Luz (2006), Messani (2014), Saavedra, Sales e Pereira (2020), Salazar (2016), Lopes (2003), Devegili (2001), Litoldo e Brito (2016) e Moura (2006). Sob esse ponto de vista, cifrar é a transformação de mensagens compreensíveis em um texto incompreensivo para quem não tem a chave de acesso. A transformação de mensagens em cifras tem o objetivo de ocultar as verdadeiras informações da mensagem, para que possa trafegar em segurança, mesmo quando feito por meios inseguros.

O segundo agrupamento semântico criado foi Informação. A informação é uma coleção de dados que transmite um sentido, um significado racional, como se pode ver nos estudos de Luz (2006), Souza e Gitahy (2006), Lima (2019), Alves (2021), Carvalho Filho (2008), Lopes (2021), Carvalho Filho (2008) e Estevam (2017). No âmbito da criptografia, a informação é a parte que se busca ocultar de agentes externos que circulam no mesmo ambiente de comunicação. No atual contexto de evolução tecnológica é real a necessidades de se protegerem informações que circular através da internet, uma vez que informações sensíveis, quando caem em mão de criminosas, poder ser alvos de consequências devastadoras. A tabela 2 resume os atributos encontrados na literatura.

Tabela 2. Atributos da criptografia

Referências	Atributos	Grupos semânticos
Moreno; Pereira; Chiaramonte (2005); Messani (2014)	Cifrar texto	Cifras
Estevam (2017); Messani (2014); Salazar (2016)	Codificação	
Muniz; Nogueira; Amaral (2013); Litoldo; brito (2016)	Código secreto	
Carvalho Filho (2008); Luz (2006); Carvalho Filho (2008)	Texto cifrado	
Silva (2020); Matsumoto (2014)	Esconder	
Muniz; Nogueira; Amaral (2013); Estevam (2017); Litoldo; brito (2016); Messani (2014); Saavedra; Sales; Pereira (2020)	Escrever em código	
Souza; Gitahy (2006); Lima (2019); Luz (2006); Messani (2014); Saavedra; Sales; Pereira (2020); Salazar (2016); Lopes (2003); Devegili (2001); Litoldo; brito (2016); Moura (2006)	Mensagem	
Litoldo; brito (2016); Raposo; Aguilar (2015); Saavedra; Sales; Pereira (2020)	Ocultar significado	
Luz (2006)	Conteúdo	Informação
Souza; Gitahy (2006); Lima (2019); Alves (2021); Carvalho Filho (2008); Lopes (2021); Carvalho Filho (2008)	Dados	
Estevam (2017)	Informações	
Souza; Gitahy (2006); Lima (2019)	Confidencialidade	Confidencialidade
Alves (2021); Lopes (2021)	Proteção	
Devegili (2001); Kotaki (2021)	Segurança	
Alves (2021); Lopes (2021)	Forma legível	Legível
Estevam (2017)	Legíveis	
Litoldo; brito (2016); Messani (2014)	Ler	
Alves (2021); Lopes (2021)	Atacante	Atacante
Lopes (2003).	Intrusos	
Moreno; Pereira; Chiaramonte (2005); Litoldo; Brito (2016)	Decifrar	Decodificação
Estevam (2017); Salazar (2016)	Decodificadas	
Carvalho Filho (2008)	Transformado	Transformação
Luz (2006)	Transformar	

Fonte: dados coletados pelos autores.

Confidencialidade também é um grupo semântico muito usado com o sentido de atribuir integridade e autenticidade à mensagem cifrada. A confidencialidade foi pontuada nos estudos de Souza e Gitahy (2006), Lima (2019), Alves (2021) e Lopes

(2021). A criptografia tem como objetivo promover segurança, proteção, integridade e autenticidade de informações sensíveis de mensagens que circulam em ambiente inseguro. A criptografia atribui confidencialidade a mensagens, quando transforma uma mensagem compreensiva em uma não compreensiva. Somente após a entrega ao destinatário é que a mensagem se torna legível novamente.

O grupo semântico decodificação foi usado no sentido de descriptografar, tornar um texto cifrado em texto compreensivo, mencionado nos estudos de Moreno, Pereira e Chiaramonte (2005), Litoldo e Brito (2016), Estevam (2017) e Salazar (2016). A criptografia pode ser dividida em etapas, das quais a decodificação é a que ocorre no final, na entrega da mensagem ao destinatário. Para exemplificação, pode-se dizer que quando o algoritmo desembaraça o texto e devolve o sentido à mensagem, está decodificando a mensagem.

O grupo semântico legível foi usado sob o ponto de vista de que as mensagens que possuem um significado completo são legíveis, como é possível contatar a partir dos estudos de Alves (2021), Lopes (2021), Estevam (2017), Litoldo e Brito (2016) e Messani (2014). No contexto da criptografia, buscam-se ocultar mensagens através de técnicas que embaraçam ou substituem caracteres, tornando as menagens legíveis em não legíveis. A legibilidade de uma mensagem é a capacidade de ela transmitir informações que tenham significado completo para o interlocutor.

O grupo semântico atacante foi usado no sentido de denotar o elemento que busca acessar, com intuito malicioso, informações confidenciais, como mostram os estudos de Alves (2021), Lopes (2021) e Lopes (2003). O atacante também poder ser denominado de cracker, apesar do termo hacker ser o mais usado. Na verdade, este último é usado de forma equivocada pela maioria das pessoas, porque a principal diferença entre eles é que o cracker tem a intenção de cometer crimes ao obter dados indevidamente, enquanto o hacker tem o objetivo de solucionar problemas sem causar danos de qualquer natureza a qualquer pessoa.

O grupo semântico transformar foi usado com o significado de mudar a forma das mensagens de legíveis para não legíveis, como é demonstrado nos estudos de Carvalho Filho (2008) e Luz (2006). Esse termo tem como conceito básico a mudança do estado de algo ou de alguma coisa para uma outra. No contexto da criptografia, quando o algoritmo transforma mensagens em cifra, poder ser dito que o algoritmo mudou a forma da menagem, deu outro aspecto à mensagem através de cifras.

O temo de equivalência mais utilizado na literatura foi “cifra”, como mostram os dados contidos na tabela 2. Por essa razão este será o termo a ser utilizado ao logo deste trabalho. Cifra é o que melhor espessa o objetivo básico da criptografia. A razão reside no fato de que a criptografia embaraça, troca caracteres dentre outros processos, que alteram as mensagens e as transformam em cifras. As cifras são operações mecânicas, são algorítimos que são executados em pequenos blocos de caracteres e que depois são substituídos, de acordo com documentos previamente estabelecidos.

A criptografia é a ciência que busca cifrar informações que compõem a mensagem. Usa meios diversos para transformar as mensagens compreensíveis em não compreensíveis (para aqueles que não são os seus destinatários). Com isso busca o trânsito seguro das informações contidas nas mensagens. A criptografia, com base neste conceito, é definida com ciência porque foi levado em consideração sua história, evolução e importância no atual contexto tecnológico e computacional, acrescentando-se, ainda, o grande volume que conhecimento existem e que são produzidos a todo momento.

2.1. ETAPAS DO PROCESSO DE CRIPTOGRAFIA

O estudo de Coelho e Giglio (2015) apresenta três etapas para o processo de criptografia. A primeira é a identificação, que consiste na identificação dos dados e informações que serão manuseadas e que possam ficar incompreensíveis a quem as ver. A segunda etapa é a da autenticação, responsável pela aferição de que aqueles dados incompreensíveis realmente fazem parte de uma mensagem que precisa ser decifrada. E a terceira etapa é a que foca o controle de acesso a indivíduos e outras máquinas inteligentes para que possam decifrar a mensagem e a distribuir aos seus destinatários ou simplesmente gerenciar o sistema.

O estudo de Souza e Williarn (2011) demonstra o processo de criptografia em três etapas. A premeria e a mistura forward, que concite na determinação do padrão que a criptografia deve ocorrer. A segunda é a etapa das transformações principais, determinada pela Mistura forward com o padrão de como o embaralhamento ou substituição de caracteres deve ocorrer, que é o algoritmo transforma a mensagem em cifras. A terceira e última etapa é o mistura backward que, também de posse da Mistura forward, faz o processo inverso. Usa os mesmos padrões que foram usados para embaraçar para fazer o desembaraço, tornando a mensagem novamente legível.

Tabela 3. Etapas da Criptografia

Referências	Etapas
Coelho; Giglio (2015)	Etapa 1: Identificação Etapa 2: Autenticação Etapa 3: Controle de Acesso
Souza (2011)	Etapa 1: Mistura forward Etapa 2: Transformações Principais Etapa 3: Mistura backward
Guimarães (2020)	Etapa 1: Criptografia Etapa 2: Descriptografia
Luiz et al. (2019)	Etapa 1: Criptografia Etapa 2: Decifração
Piffer et al. (2014)	Etapa 1: Pré-codificação Etapa 2: Codificação Etapa 3: Decodificação
Reusch (2020)	Etapa 1: Adição de chaves Etapa 2: Substituição de bytes (S-Box) Etapa 3: Camada de difusão
Rojas et al. (2002)	Etapa 1: Adição de chaves Etapa 2: Transformação Progressiva Etapa 3: Substituição de Chaves

Fonte: dados coletados pelos autores.

Os estudos de Guimarães (2020) e Luiz et al. (2019) apresenta duas etapas. A primeira é a criptografia, onde o algoritmo faz a transformação, através do processo que embaraça os caracteres da mensagem tornando-os em não legível. A segunda etapa é denominada descriptografia no estudo de Guimarães (2020) e de decifração, no de Luiz (2019). Essa palavra tem a mesma definição conceitual de restabelecer a forma original da mensagem, devolver o sentido inicial da mensagem.

O estudo de Piffer (2014) apresenta três etapas do processo de criptografia. O primeiro foi chamado de pré-codificação, que é a determinação dos padrões que deveram ser adotados no processo subsequente, onde ocorre o embaralhamento da mensagem. A

segunda etapa foi denominada de Codificação porque tem a função de embaralhar, tonar não legível as menagens. A terceira etapa tem a função de desfazer o embaralhamento e tornar legível novamente a mensagem. É importante salientar que tudo isso ocorre após a mensagem trafegar na internet e chegar ao destino, para que o destinatário, de posse da pré-codificação, possa ler a mensagem tal qual ela era quando de seu envio. Essas descobertas da literatura estão contidas na tabela 3.

Tabela 3. Etapas do processo de criptografia

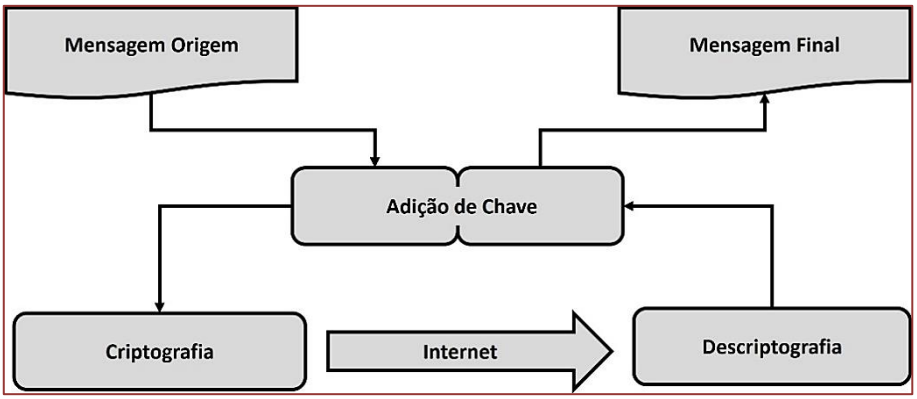
Referências	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
Coelho; Taiany (2015)	Identificação	Autenticação	Controle de Acesso
Souza; Rodrigues (2011)	Mistura Forward	Transformações Principais	Mistura Backward
Guimarães (2020)	Criptografia	Descriptografia	
Luiz et al. (2019)	Criptografia	Descriptografia	
Piffer et al. (2014)	Pré-codificação	Codificação	Decodificação
Reusch (2020)	Adição de chaves	Substituição de bytes (S-Box)	Camada de difusão
Rojas et al. (2002)	Adição de chaves	Transformação Progressiva	Substituição de Chaves
Rojas et al. (2002), Guimarães (2020), Luiz et al. (2019)	Adição de chaves	Criptografia	Descriptografia

Fonte: dados coletados pelos autores.

O estudo de Reusch (2020) apresenta três etapas do processo de criptografia. A primeira é conceituada como adição de chaves, que é onde ocorre a definição dos padrões que devem ser adotados nas etapas subsequentes. Esses padrões determinam as regras que o algoritmo deve usar para embaralhar os caracteres, tonando a menagem não legível. A segunda etapa foi denominada de Substituição de bytes (S-Box), que é onde ocorre o embaralhamento dos caracteres, fase em que o algoritmo com base na Adição de Chaves transforma a menagem em cifras. A terceira etapa foi denominada de Camada de difusão, fase em que, após a menagem trafegar pela internet, o destinatário, de posse de sua Adição de Chaves e com o seu algoritmo, torna a mensagem legível.

O estudo de Rojas (2002) apresenta três etapas no processo de criptografia. A primeira é a Adição de chaves, onde ocorre a definição dos padrões que devem ser adotados nas etapas subsequentes. Esses padrões determinam as regras que o algoritmo deve usar para embaralhar os caracteres. A segunda etapa foi denominada Transformação Progressiva, que é o momento em que ocorre o embaralhamento dos caracteres, fase em que o algoritmo, com base na adição de Chaves do primeiro momento, transforma a menagem em cifras. A terceira etapa foi denominada substituição de chaves porque é o momento em que, após a menagem trafegar pela internet e o destinatário, de posse de sua adição de chaves e com o algoritmo, também torna a mensagem legível. A figura 1 sintetiza todas as descobertas da literatura relativas às etapas do processo de criptografia e descriptografia.

Figura 1. O processo de criptografia



Fonte: elaborado pelos autores.

De uma forma geral, a mensagem de origem marca o início do processo, representa a mensagem do remetente a ser enviada a um destino. A seta que aponta para a criptografia indica que a menagem deve passar pelo procedimento que transforma a mensagem em cifras. A seta denominada de internet representa o meio pelo qual a menagem deve percorrer até chegar ao seu destino. O retângulo de descriptografia representa o processo que restabelece a compreensão da menagem. Finalmente, a seta que aponta para mensagem final indica que esta já deve estar disponível para o destinatário poder entendê-la. Essas etapas do processo serão descritas a seguir.

Primeira etapa: Mensagem de origem

A mensagem de origem marca o início do processo. Representa a mensagem do remetente a ser enviada a um determinado destino através da internet. A mensagem é o objeto central de toda e qualquer comunicação, sendo ela convencional ou digital; é uma coleção de informações organizada e com sentido completo. No contexto da computação, as mensagens devem estar na forma digital, ter um remetente e um destinatário. Adição de chave é a função ou os padrões que devem ser seguidos para transformar a mensagem legível em cifras. Essa mesma chave deve ser enviada para o destinatário, que deve usá-la para descriptografar e reverter as cifras em mensagens legíveis novamente. A chave funciona com uma senha e é usada pelo algoritmo para o embaralhamento dos caracteres. A chave é fornecida ao destinatário pelo remetente que, por sua vez, utiliza-se do algoritmo que reverte o embaralhamento inicial e transforma as cifras em mensagens.

Segunda etapa: Criptografia

A criptografia indica que a mensagem deve passar pelo procedimento que a transforma em cifras. O processo de criptografia é executado por algorítimos, que usam padrões previamente definidos para embaraçar os caracteres da mensagem, tornando-a uma mensagem não legível. Os padrões são também definidos como chave, que é um código que compõe uma função matemática que o algoritmo processa. Basicamente, nesta etapa a mensagem é reinscrita pelo algoritmo que, com base na chave, oculta nas cifras a verdadeira mensagem.

Terceira etapa: Internet

A seta denominada internet representa o meio que a mensagem deve percorrer até o seu destino. A rede mundial de computadores, a internet, é hoje o meio de comunicação mais usado no mundo. A internet é composta por camadas. De acordo com as camadas, os

protocolos são usados. As camadas da internet são Camada de Aplicação, Camada de Transporte, Camada de Rede e Camada de Ligação Física. Apesar disso tudo, o ambiente de internet é inseguro, incapaz de garantir a segurança das informações que por ali trafegam.

Quarta etapa: Descriptografia

O retângulo descriptografia representa a etapa ou processo que restabelece a compreensão, a legibilidade da mensagem. Essa etapa reverte a criptografia. O processo de descriptografar é executado por algoritmos que, em posse da chave, determina a função que deve ser executada para transformar as cifras em mensagem legível. Para que a descriptografia ocorra, é necessário que o destinatário tenha a posse da mensagem criptografada, da chave e do algoritmo.

Quinta etapa: Mensagem final

Mensagem final é a etapa que indica que a mensagem chegou ao destino e que agora está legível novamente. A mensagem, para ser descriptografada, deve estar cifrada. O destinatário deve ter em sua posse a chave e o algoritmo que, com base na chave, executa a função de descriptografar a mensagem. A mensagem final cumpre seu papel quando o destinatário lê e consegue obter as informações legíveis e de forma confiável.

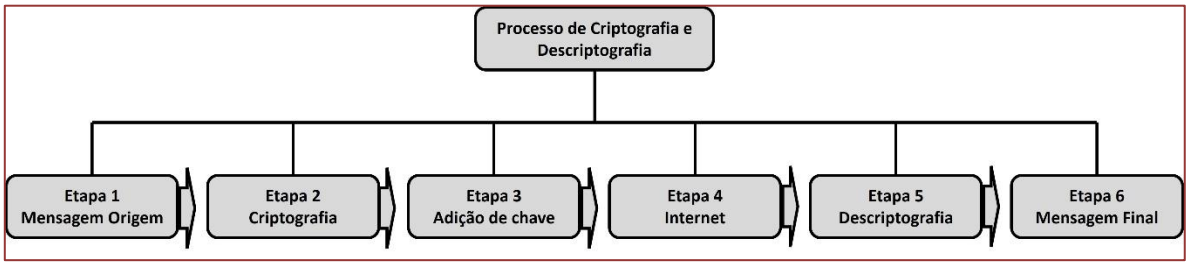
3. ARQUITETURA METODOLÓGICA

A geração da tecnologia que este estudo pretende materializar parte da concepção mental de seus componentes, chamada Estrutura Analítica da Tecnologia, ou simplesmente EAT. Esse artefato é classificado pelo método científico-tecnológico como resultante de um processo, que é o princípio e o fundamento de seu funcionamento (NASCIMENTO-E-SILVA, 2020; 2021a; 2021b; 2021c). Isso quer dizer que a criptografia e a descriptografia em si não pode ser vista, sentida, ouvida, enfim, percebida pelos sentidos e nem aferida sua presença por outros meios físicos. Só se pode confirmar que ela existe porque se podem aferir os seus resultados, seus efeitos, que são justamente a criptografia e a descriptografia. Por essas razões, diferentemente de qualquer artefato físico, as tecnologias extrafísicas muitas vezes são representadas esquematicamente em forma de processos, como mostra a figura 2. Consequentemente, toda a arquitetura metodológica aqui apresentada tem como base esse fundamento processual, também validada pela sua arquitetura teórica acima retratada.

3.1. ESTRUTURA ANALÍTICA DA TECNOLOGIA

O processo de criptografar e descriptografar mensagens que se pretende criar é composto de seis etapas ou estágios, conforme mostra a figura 2. Esses estágios são 1) procedimento de criação da mensagem de origem, 2) o processo de criptografia da mensagem, 3) a adição de chave à mensagem, 4) o uso da internet para a transmissão da mensagem, 5) a descriptografia da mensagem e 6) a recepção da mensagem final.

Figura 2. Estrutura analítica da tecnologia de criptografia e descriptografia



Fonte: elaborado pelos autores.

Mensagem Origem

A mensagem origem poder ser composta por uma informação ou ainda por uma coleção de informações com sentido completo que o remetente escreve com o objetivo de enviar ao destinatário. A menagem é composta basicamente por informações que, por sua vez, são formadas por dados. A informação é a transmissão ou ainda a comunicação de algum conhecimento. Para melhor entendimento, observe-se a data 14/08/2018. Essa data em si é um dado. Porém, quando se diz que em 14/08/2018 foi assinada a Lei Geral de Proteção de Dados, a LGPD, aquele dado foi transformado em informação. Note-se também que 14 pode ser visto como um dado, da mesma forma que 08 e 2018. A soma de dados pode gerar novos dados.

Adição de Chave

Adição de chave é a criação de um código que servirá de paramento para cifrar e decifrar menagens. A chave é compota por dados confidenciais, que são usados pelo algoritmo para embaralhar ou substituir caracteres, transformando-os em cifras. Para exemplificar de uma maneira bem compreensível, pode-se imaginar que o remetente quer enviar a seguinte frase “Bom Dia, Senhores Professores”. O algoritmo sabe que a palavra “Bom” é representada pelo número 7; “Dia”, pelo número 8; “Senhores”, pelo número 9; e “Professores”, pelo número 6, o que leva ao número 7896. Além disso, o algoritmo ainda divide 7896 ÷ 3 = 2632. Neste caso, a chave 3 é enviada ao destinatário que, de posse dela e da Cifra 2632, fará o cálculo inverso para encontra a frase transmitida.

Criptografia

A criptografia é o processo executado por algoritmos com base em funções matemáticas predefinidas e com a utilização de chaves para transformar mensagem em cifras. A cifragem é o embaralhamento ou a substituição das letras das mensagens, tornando-as não legíveis por quem não tiver a chave específica para tal. Voltando ao exemplo anterior, em que a frase “Bom Dia, Senhores Professores” é representada por 7, 8, 9 e 6, o resultado da função matemática 7896 ÷ 3 = 2632 é que a criptografia entrega na forma da cifra 2632. É essa “mensagem” que irá trafegar pela internet.

Internet

A rede mundial de computadores, a internet, é o meio pelo qual a mensagem irá trafegar até chegar ao destinatário. Porém, o que realmente vai trafegar na internet são pacotes submetidos às regras de protocolo de endereçamento de rede. É isso o que garante a entrega da menagem, mas não a integridade dela. A mensagem que trafega na internet está criptografada; portanto, o que trafega de fato são cifras, que são um monte

de letras e números que somente com a chave e com a execução do processo de descriptografia é possível ter acesso às informações que se quer transmitir.

Descriptografia

A descriptografia é o processo que reverte a criptografia e transforma as cifras em mensagem legível novamente. Após a menagem ser criptografada e trafegar na internet, ela chega ao seu destino. É no destino que o algoritmo, conjuntamente com a chave, executa o processo inverso e transforma as cifras em uma mensagem legível. No exemplo anterior, o que chega ao destino é tão somente a cifra 2632 e a chave de número 3. A partir daí, o algoritmo executa a função 2632 x 3 = 7896, sabendo que a cada número corresponde uma palavra. Logo, o resultado "Bom Dia Senhores Professores" é encontrado.

Mensagem Final

A mensagem final é o resultado obtido, é a menagem que chega ao seu destinatário e comunica as informações nela contida. A mensagem final é a entrega das informações que o remetente enviou ao destinatário. No contexto da informática, a mensagem poder ser formada por texto, números, figuras, áudio, vídeo ou qualquer combinação desses meios. Quando se recebe um e-mail de um colega de trabalho, quando se assiste a vídeos pelo WhatsApp, todos são exemplos típicos que que se pode chamar de mensagens finais. São chamadas assim justamente porque chegaram ao destinatário. A criptografia e descriptografia são procedimentos que tornam seguras as transmissões das informações de modo legível e compreensível.

3.2. MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS

Como acontece com a geração de tecnologias no campo das ciências da informação e comunicação, quase sempre de natureza extrafísicas, os materiais a serem utilizados também têm essa natureza, como é o caso das linguagens de programação. Para facilitar o entendimento do uso dos materiais que vão materializar o processo de criptografia e descriptografia, eles serão identificados a partir da etapa do processo em que vão ser utilizados, em consonância com as recomendações do método científico-tecnológico (NASCIMENTO-E-SILVA, 2020; 2021a; 2021b; 2021c).

Mensagem Origem

A mensagem origem será disparada por um sistema que organizará os dados produzidos por um sensor de temperatura. O sistema será implementado na linguagem C#. Essa programação vai solicitar informações do sensor de temperatura a cada cinco segundos e a cada minuto vai enviar os dados através da internet ao computador, aqui denominado de cliente. A mensagem deve conter os dados da temperatura, hora, minutos e segundos em que foi enviada ao computador cliente.

Adição de Chave

Nesta etapa serão usados algoritmos simétricos e assimétricos para a geração da chave. A chave é um número muito grade medido em bits. Quanto maior for esse número, maior tende a ser a segurança dos dados. Atualmente as chaves assimétricas e as simétricas são as mais usadas. Basicamente, a diferença entre elas é que a chave simétrica é a mesma utilizada para criptografar e descriptografar, enquanto a chave assimétrica tem duas chaves, as quais se pode também chamar de chave pública e chave privada. Exemplificando, o número contido na figura 3 é uma chave e está representada em bits.

Figura 3. Exemplo de chave

01010110 01101111 01100011 11101010 00100000 01100011 01101000 01100101
01100111 01101111 01110101 00100000 01100001 01110001 01110101 01101001
00100000 01100001 01110100 01110010 01100001 01110110 11101001 01110011
00100000 01100100 01101111 00100000 01100010 01101100 01101111 01100111
00100000 01100100 01101111 00100000 01110000 01110010 01101111 01100110
01100101 01110011 01110011 01101111 01110010 00100000 01000101 01100100
01101001 01100111 01101100 01100101 01111001 00100000 01000001 01101100
01100101 01111000 01100001 01101110 01100100 01110010 01100101 00101110
00100000 01001111 01100010 01110010 01101001 01100111 01100001 01100100
01101111 00100001

Fonte: elaborado pelos autores.

Criptografia

Na criptografa serão usados os algoritmos simétricos e assimétricos. Esses algoritmos irão criptografar as menagens de acordo com a chave especificada. Para utilização dos algoritmos serão usadas funções nativas da linguagem de programação C#. Vale ressaltar que nos algoritmos assimétricos são usadas duas chaves, a pública e a privada, o que significa que é adicionada mais uma camada de segurança.

Internet

Será necessária uma conexão com a internet em rede WiFi. Essa conexão é possível com o uso do microcomputador Respiberry pi 4, que se assemelha a uma placa com o tamanho de um cartão, de onde o disparo da menagem deve ocorrer. A internet é o ambiente pelo qual a mensagem tem que trafegar, pois é neste ambiente que ocorre a interceptação das menagens. A mensagem será disparada do Raspiberry, percorrerá a internet e chegará ao Cliente Servidor. É importante entender que a internet, apesar de ser a rede mundial de computadores, não deixa de ser uma rede com seus protocolos e regras de transporte de dados.

Descriptografia

A descriptografia ocorrerá no computador Cliente Servidor; ou melhor, no destinatário. Será implementada com a utilização de funções nativas da linguagem de programação C#. Os algoritmos de descriptografia irão reverter o processe de criptografa e transformar as cifras em mensagem legível. É importante lembrar que o processo de descriptografia só é possível com a chave correta. A mensagem que chega ao Cliente Servidor é algo parecido com -JP7om-GJkW9DHf0a35P6OKvK47HsYtzrZJlczknUb8. E, após o processo de descriptografia, a mensagem “Olá, tudo bem?” é revelada ao destinatário.

Mensagem Final

A mensagem final é o resultado da descriptografia, é a menagem legível que o algoritmo de descriptografia extrai das cifras que chegam através da internet. No exemplo anterior, a menagem “Olá, tudo bem?” é a mensagem que o remetente enviou de fato ao destinatário. Neste caso específico, a mensagem conterá dados de temperatura, data, hora, minuto e segundos. Os sensores geram os dados de temperatura, mas os dados de data, hora, minuto e segundos serão gerados no momento do envio da menagem. São esses dados que serão utilizados para avaliar a trafegabilidade da mensagem pela internet.

4. MÉTODOS

Download do sistema operacional: é preciso baixar um instalador para o Raspberry pi (procurar sempre baixar software de sites oficiais; no caso, https://www.raspberrypi.com/software/). O primeiro passo é baixar o instalador Raspberry pi imeger na versão imager_1.7.2. Este é um aplicativo que promete facilitar o download do sistema operacional Raspberry pi. Esse sistema operacional será instalado em uma memória SD que, inserida no microcomputador Raspberry pi, torna possível o primeiro boot no sistema.

Implementação de um protótipo de monitoramento: esse protótipo vai monitorar a temperatura ambiente e enviar mensagens contendo os dados de temperatura, data, hora, minuto e segundos em que a mensagem foi disparada com destino ao Cliente Servidor. O protótipo terá a composição de um microcomputador Raspberry pi 4, uma placa Protoboard 400 Pontos, um sensor de temperatura e cabos para conexões. A checagem da temperatura será verificada em intervalos predeterminados e o disparo das mensagens terá intervalos predefinidos, porém sempre maior que o intervalo da checagem da temperatura.

Instalação de software gerador de chaves. É a implementação de um aplicativo que utilizará funções nativas da linguagem de programação C# para gerar as chaves e executar a encriptação da mensagem. O aplicativo terá ainda a função de controlar os intervalos de checagem de temperatura, intervalo de envio de mensagens e a execução do próprio envio da mensagem ao destinatário. O aplicativo será instalado no microcomputador Raspberry pi 4 e não terá uma interface gráfica. Basicamente, será executado no terminal somente para observação de seu funcionamento.

Instalação de aplicativo para descriptografia. É a implementação de um aplicativo que utilizará funções nativas da linguagem de programação C# para executar o algoritmo que descriptografará as mensagens enviadas pelo protótipo. O aplicativo terá as funções de receber e descriptografar a mensagem e avaliar o tempo que levou para a menagem transitar pela internet até chegar o Cliente Servidor. O aplicativo não terá interface gráfica e os dados extraídos da mensagem deverão ser apresentados diretamente no terminal. O aplicativo deve apresentar principalmente o tempo que levou para a mensagem sair do remetente e chegar ao destinatário.

AGRADECIMENTOS

Este artigo é o resultado do projeto de PD&I ARANOUÁ, realizado pelo Instituto Federal do Amazonas (IFAM) em parceria com a Samsung Eletrônica da Amazônia Ltda., usando recursos da Lei Federal nº 8.387/1991, estando sua divulgação e publicidade em conformidade com o previsto no artigo 39.º do Decreto nº 10.521/2020.

REFERÊNCIAS

[1] ALHASAN, Ameer et al. A case study to examine undergraduate students' intention to use internet of things (IoT) services in the smart classroom. Education and Information Technologies, p. 1-24, 2023. https://doi.org/10.1007/s10639-022-11537-z.

[2] ALVES, Duly Thayna. Segurança em redes de computadores: tipos de ameaças, prevenções e soluções. 2021. Monografia (Curso Técnico em Informática). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, Uruguaiana, 2021.

[3] ARGYROPOULOU, Maria et al. The effect of IoT capability on supply chain integration and firm performance: an empirical study in the UK retail industry. Journal of Enterprise Information Management, 2023. https://doi.org/10.1108/JEIM-06-2022-0219.

[4] ARFF, Benjamin et al. Analysis and visualization of production bottlenecks as part of a digital twin in industrial IoT. Applied Sciences, v. 13, n. 6, p. 3525, 2023. https://doi.org/10.3390/app13063525.

[5] CARVALHO FILHO, Manoel Peluso de. Análise do desempenho de WLAN com a implementação dos protocolos de segurança WEP e WPA/TKIP. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2008.

[6] COELHO, Taiany de Oliveira; GIGLIO, Giuliano Prado de Morais. Análise comparativa para avaliação de tecnologias de banco de dados para dispositivos móveis. Caderno de Estudos em Sistemas de Informação, v. 1, n. 1, p. 1-22, 2015.

[7] DEVEGILI, Augusto Jun. Farnel: Uma proposta de protocolo criptográfico para votação digital. 2001. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

[8] ESTEVAM, Evandro Cesar. Segurança de dados com esteganografia e criptografia. Revista Empreenda UniToledo Gestão, Tecnologia e Gastronomia, v. 1, n. 1, p. 187-203, 2017.

[9] GUIMARÃES, Gabriel Inácio Della Vecchia. Criptografia de camada física para sinais OFDM. 2020. 44 f. Monografia (Graduação em Engenharia Eletrônica e Telecomunicações). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São João da Boa Vista, 2020.

[10] KOTAKI, Matheus Mitsuo de Almeida. Gerador de números aleatórios baseado no k-mapa logístico. 2021. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

[11] KRISHNAN, Prabhakar et al. Analyzing and managing various energy-related environmental factors for providing personalized IoT services for smart buildings in smart environment. Sustainability, v. 15, n. 8, p. 6548, 2023. https://doi.org/10.3390/su15086548.

[12] LIMA, Rafael Nunes de. Um sistema remote keyless entry and start (RKES) automotivo seguro implementado sobre bluetooth low energy. 2019. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

[13] LITOLDO, Beatriz Fernanda; BRITO, A. de J. Criptografia e suas potencialidades na exploração das ideias associadas à função afim. Anais do XII Encontro Nacional de Educação Matemática, XII ENEM, São Paulo, São Paulo, 13 a 16 de julho de 2016.

[14] LOPES, Artur Oscar. O papel da matemática como ferramenta no entendimento da realidade. In: SANTOS, José Vicente Tavares dos. (Org.). A universidade do futuro. Porto Alegre: EdUFRGS, 2021, p. 107-124.

[15] LOPES, Fernando Cézar de Oliveira. Denúncia anônima segura. 2003. 158 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

[16] LUIZ, Felipe Rodrigues. Assinaturas digitais utilizando KMIP via recursos nativos do navegador web. 2019. 81 f. Monografia (Graduação em Sistemas de Informação). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

[17] LUZ, Caroline Helena Miranda da. Controle dos enlaces para provisionamento de QOS em túneis VPN. Ciência da Computação-Pedra Branca, 2006. 122 f. Monografia (Graduação em Ciência da Computação). Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2006.

[18] MATSUMOTO, Márcia Shizue. Despertando o interesse do aluno pela matemática com a criptografia. 2014. 56 f. Dissertação (Mestrado em Matemática). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2014.

[19] MESSANI, Carlos Alberto. Criptografia óptica baseada em fatiamento espectral. 2014. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2014.

[20] MISHRA, Shailendra; SHARMA, Sunil Kumar. Advanced contribution of IoT in agricultural production for the development of smart livestock environments. Internet of Things, v. 22, p. 100724, 2023. https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100724.

[21] MOHAN, N.; THALARI, Sanjeev Kumar. Transforming Retail Markets Through IoT and AI-Enabled Architecture to Identify COVID-19 Shoppers. In: IRFAN, Mohammad; KASSIM, Salina. (Eds.). Advanced Machine Learning Algorithms for Complex Financial Applications. IGI Global, 2023. p. 166-182.

[22] MORENO, Edward David; PEREIRA, Fábio Dacêncio; CHIARAMONTE, Rodolfo Barros. Criptografia em software e hardware. São Paulo: Novatec, 2005.

[23] MOURA, Daniel Ribeiro. Ocultação de texto criptografado em imagem JPEG. 2006. 76 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Computação). Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2006.

[24] MUNIZ, André Gomes de Lira; NOGUEIRA, Marcelo; AMARAL, Fabio Vieira do. Análise de desempenho e aceleração de hardware aplicado à criptografia: um estudo apoiado na lógica paraconsistente. In: Proceedings of World Congress on Systems Engineering and Information Technology, Porto, Portugal, 17 a 20 de novembro de 2013, v. 1, p. 213-217. https://doi.org/10.14684/WCSEIT.1.2013.215-219.

[25] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. Manual do método científico-tecnológico: edição sintética. Florianópolis: DNS editor, 2020.

[26] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. Handbook of the scientific-method: synthetic edition. Manaus: DNS editor, 2021a.

[27] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. Manual do método científico-tecnológico: fundamentos. Manaus: DNS Editor, 2021b.

[28] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. Manual do método científico-tecnológico: questões de pesquisa. Manaus: DNS Editor, 2021c.

[29] PIFFER, Anderson Marcos. Aplicações da função de Euler. 2014. 54 f. Dissertação (Mestrado em Matemática). Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2014.

[30] RAPOSO, Jorge Luiz Vares; AGUILAR, Juan Carlos Zavaleta. Criptografia RSA: teoria e prática numa abordagem motivacional. 2015. 30 f. Dissertação (Mestrado em Matemática). Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, 2015.

[31] REUSCH, Rafael Schild. Ambiente seguro para troca de informações entre processadores em sistemas embarcados baseados na arquitetura ARM. 2020. 56 f. Monografia (Graduação em Engenharia da Computação). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

[32] ROJAS, Marco Antonio Torrez. Utilização de algoritmos genéticos no projeto de Caixas-S. 2002. 172 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

[33] SAAVEDRA, G. A., SALES, S. C. R., & PEREIRA, R. B. A criptografia e seus reflexos jurídicos. estudo de caso sobre a ADPF 403 E ADI 5527 no Supremo Tribunal Federal. Revista da Ajuris, v. 47, n. 148, p. 129-150, 2020.

[34] SALAZAR, Douglas Correia; SILVA, Jonas Forte. Protótipo de um sistema explorador de arquivos baseado em criptografia. 2016. 60 f. Monografia (Graduação em Ciência da Computação). Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados, 2016.

[35] SAMAMA, Nel; PATAROT, Alexandre. An IoT-based geodata production system deployed in a hospital. Sensors, v. 23, n. 4, p. 2086, 2023. https://doi.org/10.3390/s23042086.

[36] SAXENA, Sanchit; DHOTE, Tripti. Leveraging IoT Technologies in Retail Industry to improve Customer Experience: Current Applications and Future Potential. In: 2023 Somaiya International Conference on Technology and Information Management (SICTIM). IEEE, 2023. p. 50-54. 10.1109/SICTIM56495.2023.10104882.

[37] SILVA, Renato Higor Rodrigues da. Criptografia em redes móveis de quinta geração. 2020. 69 f. Monografia (Graduação em Ciência da Computação). Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2020.

[38] SOUZA, Vinícius Roberto Prioli; GITAHY, Raquel Rosan Christino. Consumidor virtual de bens e o seu direito de arrependimento. Intertem@s, v. 11, n. 11, 2006.

[39] SOUZA, Williarn Augusto Rodrigues de. Identificação de contextos linguísticos em linguagens desconhecidas geradas por cifras de blocos. 2011. 124 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

[40] ZHANG, Huili et al. Recent advancements in IoT implementation for environmental, safety, and production monitoring in underground mines. IEEE Internet of Things Journal, 2023. https://doi.org/10.1109/JIOT.2023.3267828.

Capítulo 5

Desenvolvimento de uma plataforma IOT para manutenção preditiva de máquinas

Jailson Bina da Silva, Alyson de Jesus dos Santos, Vitor Bremgartner da Frota, Daniel Nascimento e Silva

1. INTRODUÇÃO

A internet das coisas surgiu para quebrar alguns paradigmas de como era o comportamento das pessoas com seus objetos. Antes, sem qualquer função na vida pessoal e profissional; atualmente, esse cenário mudou para uma quase dependência das mais diversas funcionalidades dos objetos. Esses objetos, tais como relógios inteligentes, monitoram o nível de saturação de oxigênio (VISHVANATH; RAMCHANDRA; KOBAN, 2023; BANU; RAJAMANI, 2023; DEGALA et al., 2023), geladeiras inteligentes informam ao usuário se determinado produto está próximo de acabar (PARRAS; FERRAZ-ALMEIDA, 2020; KOLNY, 2023; HEIDING et al., 2023) e assim por diante. Mas isso só foi possível com o aprimoramento da rede de comunicação, surgimento de novos protocolos, velocidade de transmissão de dados e algoritmos mais eficientes, características que impulsionaram o surgimento de objetos em áreas não muito exploradas (BARBOSA; FONSECA; SANTOS, 2021; QUEIJO et al., 2022).

Este trabalho propõe uma aplicação da internet das coisas para a manutenção preditiva de máquinas industriais, que contenham motores trifásicos ou servomotores. Essa aplicação funcionará por meio da coleta dados de corrente elétrica, temperatura e vibração, feitos através de dispositivos IoT conectados à internet. Serão utilizados algoritmos inteligentes de análise de dados, identificação de sistemas e predição de valores com o propósito de fornecer uma estimativa de tempo satisfatória para a falha da máquina.

2. INTERNET DAS COISAS: ARQUITETURA TEÓRICA

A revisão da literatura mostrou que interconexão foi o termo encontrado mais frequente equivalente à internet das coisas. Essa constatação é decorrente do agrupamento semântico de três termos encontrados no levantamento. O primeiro deles é conexão, apontado no estudo de Rodrigues et al. (2021b), Luiz (2021), Rios et al. (2019); o segundo é que interconexão é semelhante a integração (ALMEIDA et al., 2019) e interseção (MENDES, 2019). O próprio termo interconexão foi apontado nos estudos de Rodrigues (2021a) e Almeida et al. (2019) com o mesmo sentido de reunião, de conexões singulares perfazendo uma conexão maior e integrada. Dessa forma, o prefixo “inter” representa justamente essa necessidade integrativa que a internet das coisas materializa.

A internet das coisas pode ser vista como objetos (MONTEIRO; LIMA, 2021). O que está por trás dessa concepção é o fato de que a infraestrutura, que representa a IoT, permite que coisas sejam conectadas entre si. Como consequência, à primeira vista, tem-se a impressão de que aquilo que está sendo movimento ou apresentando alguma forma de funcionamento seja equivalente à própria infraestrutura que a faz movimentar. Assim,

quando se diz que a internet das coisas é equivalente a objetos é justamente nesse sentido visual de percepção de seu funcionamento.

O termo infraestrutura também aparece na literatura como equivalente a internet das coisas (SOUZA et al., 2018; SANTOS, 2019). A ideia de infraestrutura diz respeito àquilo que é colocado embaixo da estrutura, uma vez que infra quer dizer sob, na parte de baixo. Sob a ótica da literatura, a internet das coisas cumpre justamente com esse papel, ou seja, permite que sobre ela sejam construídas coisas que permitem que necessidades humanas sejam supridas. Por exemplo, através da internet das coisas é possível que eletrodomésticos funcionem a partir de comandos estruturados pelas regras de funcionamento da IoT.

Tabela 1. Termos de equivalência de IoT

Autores	Respostas	Grupo Semântico
Rodrigues et al. (2021); Luiz (2021); Rios et al. (2019)	Conexão	Interconexão
Rodrigues (2021); Almeida et al. (2019)	Interconexão	
Almeida et al. (2019)	Integração	
Mendes (2019)	Interseção	
Souza et al. (2018); Santos (2019)	Infraestrutura	Infraestrutura
Monteiro; Lima (2021)	Objetos	Objetos
Parras; Ferraz-Almeida (2020)	Paradigma	Paradigma
Barbosa; Fonseca; Santos (2021); Queijo et al. (2022)	Rede	Rede
Martins et al. (2019)	Sistema	Sistema

Fonte: dados coletados pelos autores.

A internet das coisas também pode ser vista como objetos (MONTEIRO; LIMA, 2021). O que está por trás dessa concepção é o fato de que a infraestrutura, que representa a IoT, permite que coisas sejam conectadas entre si. Como consequência, à primeira vista, tem-se a impressão de que aquilo que está sendo movimento ou apresentando alguma forma de funcionamento seja equivalente à própria infraestrutura que a faz movimentar. Assim, quando se diz que a internet das coisas é equivalente a objetos é justamente nesse sentido visual de percepção de seu funcionamento.

O termo paradigma é utilizado no trabalho de Parras e Ferraz-Almeida (2020) para descrever a internet das coisas como uma rede que visa integrar sensores e atuadores. Da perspectiva da segurança e privacidade, a internet das coisas, pode ser um paradigma um tanto “intrusivo” ao adicionar tantos dispositivos em ambientes antes considerados íntimos como casas, carros, roupas e até mesmo dispositivos cirurgicamente introduzidos no corpo ou ingeridos. O principal valor entregue pelo paradigma da internet das coisas são os dados.

O termo rede também foi encontrado na literatura definido como uma camada virtual que permite que dispositivos inteligentes possam interagir uns com outros, como mostrado nos estudos de Barbosa, Fonseca e Santos (2021) e Queijo et al. (2022). Porém, tal camada precisa conter características como privacidade, segurança e confiança com objetivo de que o dado transmitido ao usuário final não seja modificado ou observado. Já o estudo de Martins et al. (2019) mostra que o termo sistema é utilizado em internet das coisas para descrever a integração de dispositivos no mundo real ou físico na rede de internet contendo características de privacidade, segurança e confiança na transmissão de dados.

Com relação às características da internet das coisas, a literatura revisada mostrou um número relativamente alto de diferentes atributos. Por essa razão houve a necessidade de agrupamento dessas características a partir da técnica de análise semântica, em que palavras com mesmo sentido ou voltados para o mesmo fenômeno foram reunidas em torno dele. Esse fenômeno foi utilizado para dar nome aos grupos formados, como mostram os dados contidos na tabela 2.

O primeiro agrupamento foi denominado ambiente porque agrega uma série de características que têm no ambiente o seu foco. O termo ambiente foi citado no estudo de Rodrigues et al. (2021a) com o mesmo sentido de mundo digital, mundo físico (RIOS et al., 2019; MENDES, 2019) e chão de fábrica (RODRIGUES et al., 2021b), no sentido de espaço físico ou extrafísico. Isso quer dizer que a internet das coisas opera nesses dois ambientes. Mas a literatura também mostra usos específicos da IoT nos ambientes, como controlando-os (ALMEIDA et al., 2019), monitorando-os (MENDES, 2019; ALMEIDA et al., 2019), que são duas formas de referência ao mesmo fenômeno, ou descrevendo seus aspectos físicos (SOUZA et al., 2018). O estudo de Barbosa, Fonseca e Santos (2021) foca as situações ambientais, concentrando-se sobre as mudanças que a IoT pode ajudar a monitorar, a partir do entendimento do ambiente, como apontado no estudo de Almeida et al. (2019). Em síntese, a internet das coisas opera em um ambiente misto física e extrafisicamente.

Tabela 2. Atributos da internet das coisas

Autores	Atributos	Grupos semânticos
Rodrigues et al. (2021a)	Ambiente	Ambiente
Almeida et al. (2019)	Controle (ambiente)	
Almeida et al. (2019)	Entendimento (ambiente)	
Souza et al. (2018)	Atributos físicos (ambiente)	
Mendes (2019); Almeida et al. (2019)	Monitoramento (ambiente)	
Barbosa; Fonseca; Santos (2021)	Mudanças ambientais	
Barbosa; Fonseca; Santos (2021)	Situações ambientais	
Rodrigues et al. (2021)	Chão de fábrica	
Rios et al. (2019); Mendes (2019)	Mundo digital	
Rios et al. (2019); Mendes (2019)	Mundo físico	
Rodrigues (2021); Rodrigues et al. (2021); Martins et al. (2019)	Cotidiano	
Mendes (2019)	Disponibilização	Informação
Parras; Ferraz-Almeida (2020)	Endereçamento único	
Mendes (2019)	Atuação de informações	
Barbosa; Fonseca; Santos (2021)	Auto-organização de dados	
Queijo et al. (2022)	Coleta de dados	
Santos (2019)	Combinação	
Barbosa; Fonseca; Santos (2021)	Compartilhamento de dados	
Martins et al. (2019)	Envio de dados	
Mendes (2019)	Fácil acesso	
Monteiro; Lima (2021); Souza (2018a); Parras; Ferraz-Almeida (2020)	Identidade (identificação)	
Souza et al. (2018a)	Informação	
Souza et al. (2018)	Integração	
Rodrigues (2021); Rodrigues et al. (2021)	Inteligência	
Parras; Ferraz-Almeida (2020); Almeida et al. (2019)	Interação	
Martins et al. (2019)	Atuação	
Parras; Ferraz-Almeida (2020); Almeida et al. (2019); Santos (2019)	Sensor	Sensor

Fonte: dados coletados pelos autores.

O segundo agrupamento foi designado simplesmente de informação porque ele representa a matéria-prima fundamental da internet das coisas (SOUZA et al., 2018a). A informação é citada na literatura de inúmeras formas distintas, quase sempre vinculadas a uma forma de manuseio, como sua disponibilização (MENDES, 2019), endereçamento (PARRAS; FERRAZ-ALMEIDA, 2020), atuação (MENDES, 2019), auto-organização (BARBOSA; FONSECA, SANTOS, 2021), combinação (SANTOS, 2019), acessibilidade (MENDES, 2019), integração (SANTOS, 2018), interação (PARRAS; FERRAZ-ALMEIDA, 2020; ALMEIDA et al., 2019). Também está vinculada a determinadas situações, como atuação (MARTINS et al., 2019), identificação (MONTEIRO; LIMA, 2021; SOUZA, 2018a; PARRAS; FERRAZ-ALMEIDA, 2020), tratamento de dados (MARTINS et al., 2019; MENDES, 2019; QUEIJO et al., 2022; BARBOSA; FONSECA; SANTOS, 2021) e outras. A informação é tanto matéria-prima quanto produto da internet das coisas.

O terceiro e último agrupamento é, na verdade, a nominação do atributo sensor, que aparece nos estudos de Parras e Ferraz-Almeida (2020), Almeida et al. (2019) e Santos (2019). Os sensores são dispositivos fundamentais para o funcionamento da internet das coisas e a materialização de novas tecnologias nela assentadas. São esses dispositivos que respondem aos estímulos físicos e fornecem dados em formas de métricas ou medidas das características fenomênicas que eles foram projetados para identificar. Sensores, portanto, não apenas detectam, mas, atualmente, também coletam, armazenam, processam, monitoram e enviam dados em um único dispositivo.

2.1. COMPONENTES DE UMA PLATAFORMA IOT PARA MANUTENÇÃO PREDITIVA DE MÁQUINAS

O estudo de Santos (2019) mostra que a manutenção se transformou significativamente desde o seu aparecimento. Isto ocorreu em razão da alta competitividade que cerca o mercado em busca de qualidade, preço e prazo na produção. No início, os reparos dos equipamentos ocorriam somente após a falha ou quebra; mais tarde, já se levava em conta o monitoramento da condição dos equipamentos. Tais motivos levaram ao surgimento de conceitos de disponibilidade, confiabilidade, segurança de equipamentos e máquinas, fatores estes cruciais para um sistema de produção eficiente. Apesar do aperfeiçoamento no decorrer dos anos, a manutenção ainda não alcançou seu ponto ideal. Espera-se dessa e das futuras gerações que dispositivos, equipamentos e máquinas disponham de tempo de parada zero e que possuam capacidade de automanutenção (SAHLI; EVANS; MANOHAR, 2021; JOKELAINEN, 2020).

O estudo de Martins (2019) explica que a manutenção inteligente visa possibilitar um avanço dos sistemas convencionais de manutenção corretiva/preventiva para um sistema preditivo. Sistemas preditivos baseiam-se no estado e na condição de uso dos equipamentos. Para isso, é necessário o manuseio de dados. De posse dos dados de condição das máquinas e utilizando-se conceitos de instrumentação, aplicam-se-lhes técnicas de processamento de sinais e modelos de degradação que podem predizer qual e quando o componente de uma máquina provavelmente irá falhar. Uma das consequências benéficas é a redução eficiente do tempo de parada e a possibilidade da otimização dos métodos de manutenção. Entretanto, ainda existem diversos desafios para constituir efetivamente a manutenção inteligente nos diversos setores da indústria.

Dentre esses desafios está o desenvolvimento de infraestruturas que suportem a comunicação inteligente em tempo real, a criação de grupos de pesquisa multidisciplinares e a próxima geração dos sistemas de tecnologia da informação aptos a

cooperar com tecnologias inteligente (FERNANDEZ et al., 2020; RAHMAN, 2021). Os principais fatores determinantes para a utilização de plataformas IoT incluem escalabilidade, integração de diferentes hardwares, reutilização de recursos como poder computacional, armazenamento em nuvem e gerenciamento de dados, como será explicado a seguir.

Escalabilidade

O estudo de Gupta, Christie e Manula (2017) mostra que a palavra "escalabilidade" é frequentemente associada a computadores com sistemas multiprocessadores e seu desempenho. O termo em si tem sido um desafio para definir, alguns até sugerem que o termo não deve ser usado porque não houve definição sobre se um sistema é escalável ou não. O estudo de Fuertes et al. (2023) explica que a escalabilidade define o crescimento da complexidade de maneira proporcional ao crescimento do número de nós de um grafo; o de Chakravarti (2023) a vincula à capacidade que um processo computacional tem de ser usado em uma variedade de finalidades ou recursos; enquanto o de Ghaffaro, Bertin e Crespi (2023) a relacionam às alterações na latência ou taxa de transferência quando alteram determinado parâmetro. Na prática, realmente, esse fenômeno dá conta dessas múltiplas percepções.

A escalabilidade é um fator importante que anda de mãos dadas com a crescente infraestrutura moderna de dispositivos chamada "Internet das Coisas". Até o ano de 2020, a rede IoT terá cerca de 24 bilhões de dispositivos que poderão se conectar a ela. É também um fenômeno diversificado que lida com vários aspectos de um aplicativo IoT, como rede e segurança, gerenciamento de identidade, privacidade de dados, big data, dimensionamento massivo etc. (LÄHDE, 2021).

Integração de diferentes hardwares

A revisão da literatura mostrou que as arquiteturas atuais para sistemas fechados e redes IoT fornecem várias camadas de abstração. Podem ser tomadas como exemplo as camadas de abstração de hardware para suportar a integração de diferentes hardwares, para que as informações possam ser trocadas sem problemas (GÜNTER et al, 2021). O estudo de Van Mulligen (2020) mostra que as plataformas de Io permitem também a execução escalável de fluxos de trabalho de análise de dados complexos em nuvens. A principal contribuição dessas plataformas é a integração de diferentes soluções de hardware para programação de alto nível, gerenciamento e execução de fluxos de trabalho de gerenciamento de dados. Juntamente com esta solução de integração de diferentes hardwares por meio de rede, resta a possibilidade de executar diferentes pacotes de software desenvolvidos para diferentes tipos de hardware e sistema operacional via emuladores de hardware e sistemas operacionais específicos.

Reutilização de recursos

O estudo de Javadpour, Wang e Rezael (2020) informa que houve estudos recentes sobre alocação de recursos para gerenciamento eficiente da reutilização recursos de IoT. Vários deles foram realizados para resolvê-lo, atendendo a diferentes objetivos de gerenciamento e equilibrando as restrições de recursos. A alocação de recursos é explorada no campo das RSSFs (Rede de Sensores Sem Fios), mas todos esses algoritmos são centrados principalmente na eficiência energética. O trabalho de Zahoor e Mir (2018) mostra que os dispositivos móveis são parte integrante de muitas aplicações de IoT que lidam com a transmissão de dados, sem precisar estar conectado a um link físico fixo. Porém, como os dispositivos móveis têm recursos limitados em aplicativos e geram uma

enorme quantidade de dados, é necessário um mecanismo de reutilização de recursos que enviará os cálculos para o servidor remoto ou nuvem para equilibrar a natureza limitada de recursos desses dispositivos com os requisitos do aplicativo.

Armazenamento em nuvem

O armazenamento em nuvem surge da necessidade de se construírem infraestruturas de tecnologias de informações complexas, onde os usuários têm que realizar instalação, configuração e atualização de sistemas de software. Em geral, os recursos de computação e hardware são propensos a ficarem obsoletos rapidamente e a utilização de plataformas computacionais de terceiros é uma solução inteligente para os usuários lidarem com a infraestrutura de tecnologia de informação (SOUSA et al., 2010). Segundo o estudo de Campos et al. (2016), o Armazenamento em nuvem de arquivos importantes, com o avanço da computação, tem se tornado usual. Manipular e armazenar documentos, comprovantes e diversos outros arquivos, de forma segura, vem se tornando cada vez mais difícil, pois ficam à mercê de possíveis invasões, vírus e problemas em hardwares. Guardá-los em um ambiente seguro e disponível em qualquer local a qualquer momento é primordial e as empresas têm investido cada vez mais em armazenamento em nuvem (internet).

Gerenciamento de dados

O gerenciamento de dados tem sido muito utilizado e tem o potencial de atrair clientes de diversos setores do mercado, desde as pequenas empresas, com o objetivo de reduzir o custo total, por meio da utilização de infraestrutura e sistemas de terceiros, até grandes empresas, que buscam soluções para gerenciar milhares de máquinas e permitir o atendimento de um aumento inesperado de tráfego (SOUSA et al, 2020). O estudo de Santos et al. (2020) explica que a infraestrutura de gerenciamento de dados possui várias vantagens para os usuários, como a) previsibilidade e custos mais baixos, proporcional à qualidade do serviço (QoS) e cargas de trabalho reais, b) complexidade técnica reduzida, graças a interfaces de acesso unificado e à delegação de tuning e administração de gerenciamento de dados e c) elasticidade e escalabilidade, proporcionando a percepção de recursos quase infinitos.

3. ARQUITETURA METODOLÓGICA

A proposta deste trabalho é desenvolver uma plataforma IoT para a coleta de dados e processamento em um sistema embarcado para aplicação na manutenção preditiva de máquinas. Para essa finalidade, foi utilizada uma arquitetura equivalente a proposta por Souza (2018), conforme mostrada na figura 1.

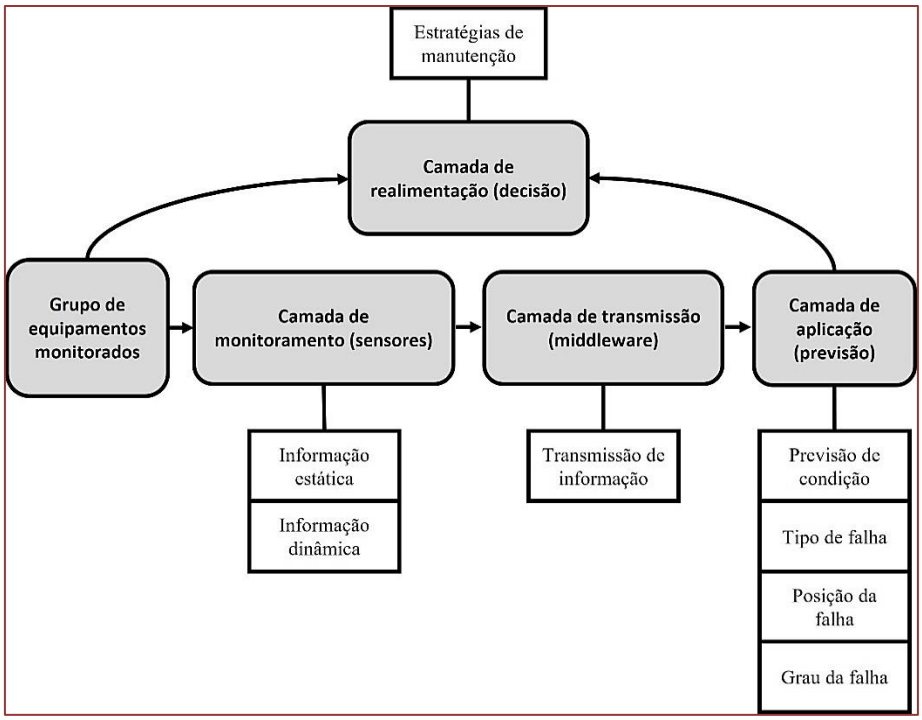
3.1. ESTRUTURA ANALÍTICA DA TECNOLOGIA

O grupo de equipamentos monitorados consiste na definição de quais equipamentos serão monitorados, sejam estes motores trifásicos, ventiladores industriais, motobombas ou robôs industriais. A camada de monitoramento é a base do sistema e a principal para monitorar os grupos de equipamentos com informações estáticas e dinâmicas coletadas deles. Essa camada é composta por dispositivos que estarão conectados aos sensores e se encarregarão de, através de protocolos de comunicação sem fio, enviar esses dados para a camada intermediária.

A camada de transmissão é uma importante ligação entre a coleta dos dados e o processamento. Essa camada é responsável por transmitir o dado com segurança através da rede. Porém, além disso, nela pode ser aplicado um pré-processamento dos dados antes da transmissão, podendo ser utilizado para uma checagem instantânea. Na camada de aplicação é onde ocorrerá o processamento dos dados coletados, ou seja, poderão ser aplicados os métodos de análise e diagnóstico da falha. Nessa camada, vários tipos de algoritmos de processamento podem ser usados para conduzir a predição de falhas. Não há um método único que seja útil em qualquer tipo de equipamento. Portanto, aqui deverá ser aplicado o método que melhor se adequar aos dados coletados e à necessidade do desenvolvedor.

E, por último, a camada de realimentação é onde o cliente e operador do sistema têm o retorno da predição e toma as decisões sobre o que fazer, caso seja necessária uma manutenção. É por esse motivo que é de realimentação, pois. dependendo da ação realizada no equipamento, irá alterar os valores coletados, mudando a previsão da falha. Isso quer dizer que o sistema se torna de malha fechada, em que o estado ótimo é o de perfeita funcionalidade dos equipamentos.

Figura 1. Arquitetura analítica da tecnologia



Fonte: Adaptado de Souza (2018)

O desenvolvimento foi dividido em partes. Primeiro será feita a coleta dos dados. Após isso, será realizado o pré-processamento dos dados no sistema embarcado e a transmissão para o servidor em nuvem. O terceiro passo será o processamento dos dados para identificação dos padrões e predição de valores futuros. E, por último, será desenvolvida a parte de aplicação, em que os dados serão visualizados em forma de gráficos e extraídas informações úteis do processamento (Souza, 2018). Para validar o modelo de sistema a ser utilizado e estudar as técnicas de estimadores preditores serão realizadas simulações no software de modelagem Matlab/Simulink, utilizando os dados

de leituras contínuas de vibração, temperatura e corrente de uma máquina ou equipamento (MARTINS, 2014).

3.2. MATERIAIS

Os materiais a serem utilizados para a finalidade de coleta de dados foi pesquisado a fim de obter o menor custo para uma aplicação não-intrusiva. Isso quer dizer que a instalação do dispositivo no equipamento não exige a necessidade de modificar o circuito operacional. Os materiais que serão utilizados no projeto estão listados na tabela 3.

Tabela 3. Lista de materiais a serem utilizados

Material	Referência
Microcomputador completo USB/HDMI/GPIO	Raspberry Pi 4
Microcontrolador integrado WI-FI e Bluetooth	ESP 32
Sensor Acelerômetro/Giroscópio 6 DOF	MPU 6050
Sensor de corrente não invasivo	SCT - 013
Sensor de temperatura	DS18B20

Fonte: dados coletados pelos autores.

3.3. MÉTODOS

Nesta etapa será descrito como cada componente da estrutura do trabalho irá se comportar. Os sensores MPU-6050 serão responsáveis pela coleta de dados relativos ao movimento de aceleração, associado ao movimento de vibração do motor. Em paralelo, o sensor SCT-013 medirá o consumo de corrente nominal ou RMS. Finalmente, o sensor DS18B20 irá medir a temperatura externa do motor (Estator) e interna (Enrolamento). Todos esses valores serão lidos pelo microcontrolador ESP 32, através das suas portas analógicas (Sensores SCT01-3 e DS18B20) e digitais (MPU-6050). Os dados coletados serão transferidos para um servidor web, por meio do protocolo MQTT, para serem visualizados, enquanto o Microcomputador Raspberry Pi 4 analisa os dados. Tendo como base o algoritmo de predição, ele calcula uma estimativa de falha no motor. Em seguida, essa informação é enviada também para o servidor web para ser verificada e tomada uma medida de ação. Vejamos cada um desses componentes em particular.

Microcomputador completo USB/HDMI/GPIO: o Raspberry Pi é uma série de minicomputadores de placa única, multiplataforma, de tamanho reduzido, com componentes integrados, que se conecta a um monitor de computador ou televisão e usa um teclado e um mouse padrão (HOSNY; SALAH; MAGDI, 2023).

Microcontrolador integrado WI-FI e Bluetooth: o ESP32 é um módulo de alta performance para aplicações envolvendo wifi, contando com um baixíssimo consumo de energia. Com 4 MB de memória flash, o ESP32 permite criar variadas aplicações para projetos de IoT, acesso remoto, webservers e dataloggers, dentre outros (MAIER; SHARP; VAGAPOV, 2023; IONESCU; ENESCU, 2023).

Sensor Acelerômetro/Giroscópio 6 DOF: o MPU-6050 contém, em um único chip, um acelerômetro e um giroscópio tipo MEMS. São três eixos para o acelerômetro e três eixos para o giroscópio, sendo ao todo seis graus de liberdade (6DOF). Além disso, essa placa tem um sensor de temperatura embutido no CI MPU6050, permitindo medições entre -40 e +85 ºC. Possui alta precisão devido ao conversor analógico digital de 16-bits

para cada canal. Portanto, o sensor captura os canais X, Y e Z ao mesmo tempo (YENUGULA; ZIA-UR-RAHMAN, 2017).

Sensor de corrente não invasivo: o SCT-013 possui um limite de corrente de entrada de 0 a 100A e corrente de saída de 0 a 50mA. É um sensor de corrente não invasivo, podendo ser incorporado em diversos materiais condutores (FERNANDES et al., 2022). Como geralmente os dispositivos leem valores de tensão, é necessário um circuito complementar, em que uma carga de resistência deve ser dimensionada e, a partir dela, ser possível controlar a precisão de leitura.

Sensor de temperatura: o DS18B20 é um tipo de sensor que fornece leituras de temperatura de 9 a 12 bits (AKBAR; FAKHRURROJA; KUSUMA, 2023). Esses valores mostram a temperatura de um determinado dispositivo ou ambiente. A comunicação deste sensor pode ser feita através de um protocolo de barramento de um fio que usa uma linha de dados para se comunicar com um microprocessador interno. Além disso, esse sensor obtém a fonte de alimentação diretamente da linha de dados, de modo que a necessidade de uma fonte de alimentação externa pode ser eliminada. As aplicações do sensor de temperatura DS18B20 incluem sistemas industriais, produtos de consumo, sistemas que são sensíveis termicamente, controles termostáticos e termômetros.

AGRADECIMENTOS

Este artigo é o resultado do projeto de PD&I ARANOUÁ, realizado pelo Instituto Federal do Amazonas (IFAM) em parceria com a Samsung Eletrônica da Amazônia Ltda., usando recursos da Lei Federal nº 8.387/1991, estando sua divulgação e publicidade em conformidade com o previsto no artigo 39.º do Decreto nº 10.521/2020.

REFERÊNCIAS

[1] AKBAR, Tauriq Fuji Nur; FAKHRURROJA, Hanif; KUSUMA, Hollanda Arief. Development of temperature control and monitoring system for precision aquaculture based on the internet of things. In: ICSEDTI 2022: Proceedings of the 1st International Conference on Sustainable Engineering Development and Technological Innovation, ICSEDTI 2022, 11-13 October 2022, Tanjungpinang, Indonesia. European Alliance for Innovation, 2023. p. 244.

[2] ALMEIDA, Tatiana Domingues de. Padrões de similaridade entre modelos de negócio no contexto da internet das coisas. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina. 2019.

[3] BANU, E. Afreen; RAJAMANI, V. Design of online vitals monitor by integrating big data and IoT. Computer Systems Science and Engineering, v. 44, n. 3, p. 2469-2487, 2023. https://doi.org/10.32604/csse.2023.021332.

[4] BARBOSA, Luís; FONSECA, Jorge; SANTOS, Wylliams Barbosa. Priorização de requisitos em startups de software: resultados preliminares de uma pesquisa-ação. In: Anais da Jornada Científica e de Extensão (JCE 2019), Semana Universitária (SUPER 2019), Caruaru, Pernambuco, v. 4, n. 1, 2021.

[5] CAMPOS, Diego Passos Garcia et al. Aplicação de armazenamento em nuvem utilizando a plataforma node JS. Revista Eletrônica Científica de Ciência da Computação, v. 11, n. 1, p. 1-13, 2016.

[6] CHAKRAVARTI, Suman K. Scalable quantitative structure–activity relationship systems for predictive toxicology. In: BASAK, Subhash C.; Vračko, Marjan. (Eds.). Big data analytics in chemoinformatics and bioinformatics. Elsevier, 2023. p. 391-405.

[7] DEGALA, Sajal Kumar Babu et al. IoT Based Low-cost pulse oximeter for remote health monitoring. In: SUGUMARAN, Vijayan; UPADHYAY, Divya; SHARMA, Shanu. (Eds.) Advancements in

Interdisciplinary Research: First International Conference, AIR 2022. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. p. 191-198.

[8] FEDOROV, D. S. et al. Using of measuring system MPU6050 for the determination of the angular velocities and linear accelerations. Automatics & Software Enginery, v. 11, n. 1, p. 75-80, 2015.

[9] FERNANDES, J. Bennilo et al. IoT based energy assistive meter to analyse the electricity usage in commercial and household uses via wirelessly in a cloud network. In: 2022 International Conference on Power, Energy, Control and Transmission Systems (ICPECTS). IEEE, 2022. p. 1-4. https://doi.org/10.1109/ICPECTS56089.2022.10046793.

[10] FERNANDEZ, James Ryan et al. Automation of predictive maintenance using internet of things (IoT) technology at university-based O&M project. Facilities Management, v. 1, n. 7, p. 332-336, 2020. https://doi.org/10.18178/ijiet.2021.11.7.1531.

[11] FERREIRA, Denise Lilian Luz; SEIFERT, Amanda Antunes; VENANZI, Délvio. Conectividade de processos na supply chain via tecnologias da internet das coisas (IoT) e softwares na empresa ABC. South American Development Society Journal, v. 6, n. 16, p. 1=17, 2020. http://dx.doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v6i16p1-17.

[12] FUERTES, Daniel et al. Solving routing problems for multiple cooperative unmanned aerial vehicles using transformer networks. Engineering Applications of Artificial Intelligence, v. 122, p. 106085, 2023. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106085.

[13] GHAFFARI, Fariba; BERTIN, Emmanuel; CRESPI, Noel. User Profile and Mobile Number Portability for Beyond 5G: Blockchain-based Solution. In: 2023 26th Conference on Innovation in Clouds, Internet and Networks and Workshops (ICIN). IEEE, 2023. p. 187-194.

[14] GÜNTER, Andrei; SCHWARZER, Christopher; KÖNIG, Matthias. IAL: an information abstraction layer for IoT middleware. In: REUSSNER, R. H.; KOZIOLEK, A.; HEINRICH, R. (Hrsg.). Informatik 2020. Bonn: Gesellschaft für Informatik, 2021.

[15] GUPTA, A.; CHRISTIE, R.; MANJULA, P. R. Scalability in internet of things: features, techniques, and research challenges. Int. J. Comput. Intell. Res, v. 13, n. 7, 1617-1627, 2017.

[16] HEIDING, Fredrik et al. Penetration testing of connected households. Computers & Security, v. 126, p. 103067, 2023. https://doi.org/10.1016/j.cose.2022.103067.

[17] HOSNY, Khalid M.; SALAH, Ahmad; MAGDI, Amal. Parallel image processing applications using Raspberry Pi. In: HOSNY, Khalid M.; SALAH, Ahmad. (Eds.). Recent advances in computer vision applications using parallel processing. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 107-119.

[18] IONESCU, Valeriu Manuel; ENESCU, Florentina Magda. Investigating the performance of MicroPython and C on ESP32 and STM32 microcontrollers. In: 2020 IEEE 26th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME). IEEE, 2020. p. 234-237. https://doi.org/10.1109/SIITME50350.2020.9292199.

[19] JAVADPOUR, Amir; WANG, Guojun; REZAEI, Samira. Resource management in a peer-to-peer cloud network for IoT. Wireless Personal Communications, v. 115, n. 3, p. 2471-2488, 2020. https://doi.org/10.1007/s11277-020-07691-7.

[20] JOKELAINEN, Artturi. Utilization of the internet of things and machine learning in digital development of predictive maintenance at Finnish pulp mills. 2020. 106 f. Dissertação (Mestrado em Industrial Engineering and Management). LUT University, Lappeeranta, Finlad, 2020.

[21] KOLNY, Beata. Young consumers towards an ecological approach to life in the age of smart homes and devices. Marketing of Scientific and Research Organizations, v. 47, n. 1, p. 105-126. https://doi.org/10.2478/minib-2023-0006.

[22] LÄHDE, Lari. Improving service scalability in Iot platform business. 2021. 82 f. Dissertação (Mestrado em Industrial Engineering and Management). University of Oulu, Oulu, Finland, 2021.

[23] LUIZ, João Victor Rojas. Suporte potencial das tecnologias da Indústria 4.0 às atividades de PCP da teoria das restrições: uma abordagem multicritério. 2021. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Estadual Paulista. 2021.

[24] MAIER, Alexander; SHARP, Andrew; VAGAPOV, Yuriy. Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things. In: 2017 Internet

Technologies and Applications (ITA). IEEE, 2017. p. 143-148. https://doi.org/10.1109/ITECHA.2017.8101926.

[25] MARTINS, Gabriel Felipe. Implemento e análise do comportamento do algoritmo de Kalman como estimador de estados de um servo motor. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

[26] MARTINS, Mozart Santos. Inovações tecnológicas da indústria 4.0: aplicações e implicações para a siderurgia brasileira. 2019. Dissertação (Mestrado em Economia). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

[27] MENDES, Diogo dos Santos. Desenvolvimento de infraestrutura de software do projeto Vitasenior. 2019. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Informática). Instituto Politécnico de Tomar. Tomar, 2019.

[28] MONTEIRO, Gustavo Dias; LIMA, Júnio Cesar. Protocolos de comunicação e modelos de integração de aplicações no contexto da Internet das Coisas. Anais da XIV Semana de Informática, v. 2, p. 23-25, 2021.

[29] PARRAS, Marcos Trevisan Saez; FERRAZ-ALMEIDA, Risely. Ferramentas e técnicas para mitigar as falhas de comunicações em projeto de IoT (Internet Das Coisas) em área de irrigação inteligente em "sustainable farming". Revista Gestão & Tecnologia, v. 20, n. 3, p. 287-304, 2020.

[30] QUEIJO, Ana Rita et al. Smart Mirror: sistema de medição de parâmetros fisiológicos e monitorização da administração e ingestão de fármacos. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/331977299_Smart_Mirror. Acesso em 20 de outubro de 2022.

[31] RAHMAN, Md Mushfiqur. Multivariate time series classification of sensor data from an industrial drying hopper: a deep learning approach. 2021. 102 f. Dissertação (Mestrado em Industrial Engineering). West Virginia University, Morgantown, 2021.

[32] RIOS, Artur de Almeida. Aplicação de internet das coisas no monitoramento de corrente, tensão e temperatura em motor de indução trifásico. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

[33] RODRIGUES, Carolina Medeiros Tourinho. Transformação digital acelerada: efeitos da pandemia COVID-19 no varejo. 2021. 144. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021a.

[34] RODRIGUES, Thales Volpe. Proposição de um modelo para mensurar o nível de prontidão de uma indústria para a implementação da indústria 4.0. 2021. 219 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2021b.

[35] SAHLI, Aymane; EVANS, Richard; MANOHAR, Arthi. Predictive maintenance in industry 4.0: current themes. Procedia CIRP, v. 104, p. 1948-1953, 2021. https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.11.329.

[36] SANTOS, Allan et al. Aplicações em redes de sensores na área da saúde e gerenciamento de dados médicos: tecnologias em ascensão. Porto Alegre: SBC, 2020, v. 1, p. 137-186.

[37] SANTOS, Eduardo Filipe Gregório dos. Manutenção aeronáutica preditiva: procedimentos, técnicas e business models. 2019. 72 f. Dissertação (Mestrado em Marketing, Operações e Gestão Geral). Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, 2019.

[38] SOUSA, Flávio RC et al. Gerenciamento de dados em nuvem: conceitos, sistemas e desafios. In: PEREIRA, Adriano C. Machado et al. Tópicos em sistemas colaborativos, interativos, multimídia, web e banco de dados. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Computação, 2010, p. 101-130.

[39] SOUSA, Magdiel Campelo Alves de. Plataforma IoT de baixo custo para utilização em manutenção preditiva. 2018. 77 f. Monografia (Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Ceará, Sobral, 2018.

[40] SOUZA, Daniel Silva de. Estudo da aplicação de um sistema IoT baseado no protocolo de comunicação MQTT a área da robótica industrial. 2018. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018a.

[41] VAN MULLIGEN, E. Prototyping for an integrated software environment for research support in cardiology. In: Proceedings. Symposium on Computer Applications in Medical Care., Rochester, USA, from July 28th to 30th 202, p. 367-371.

[42] VISHVANATH, Deshmukh Vaishnavi; RAMCHANDRA, Arjun Pranav; KOBAN, Mamta. IOT based Temperature and Oxygen level monitoring and Data visualization. In: 2023 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI). IEEE, 2023. p. 1-6. 10.1109/ESCI56872.2023.10099622.

[43] YENUGULA, Bhaskara Rao; ZIA-UR-RAHMAN, Md. Stability control structure of hovercraft prototype utilising PID controller. Bulletin of Electrical Engineering and Informatics, v. 6, n. 4, p. 348-350, 2017. https://doi.org/10.11591/eei.v6i4.864.

[44] ZAHOOR, Saniya; MIR, Roohie Naaz. Virtualization and IoT resource management: a survey. International Journal of Computer Networks and Applications, v. 5, n. 4, p. 43-51, 2018. https://doi.org/10.22247/ijcna/2018/49435.

Capítulo 6

Inteligência artificial aplicada em semáforo inteligente

Ládson Danley Aguiar Vale, Alyson de Jesus dos Santos, Vitor Bremgartner da Frota, Daniel Nascimento e Silva

1. INTRODUÇÃO

Entre os elementos que compõem o trânsito estão os semáforos, que são um tipo de instrumento comumente utilizado na emissão de sinais de controle de tráfego. A má distribuição desses semáforos e a má programação de intervalos dos sinais emitidos pelo equipamento são dois dos principais motivos de congestionamento de trânsito, como se pode constatar a partir dos estudos de Garcia (2020) e Santos, Gusmão e Coelho (2019). Com a evolução da tecnologia da informação e da computação, a Inteligência Artificial (IA) pode ser utilizada como uma maneira de criar controle sobre a atuação dos semáforos no trânsito e melhorar a programação dos sinais omitidos pelos semáforos. A tecnologia IA pode ser uma solução eficaz para os problemas do trânsito, contribuindo para melhoria da mobilidade urbana e sustentabilidade no trânsito conforme apontam os estudos de Lee, Lai e Chen (2014), Cheong, Lim e Parthiban (2023), Karimov (2023) e Xia (2022). O uso da Inteligência Artificial no trânsito chama a atenção por sua aplicabilidade. Sua estrutura se constitui em uma modelagem, seguida de inserção de dados de monitoramento, análise e atualização dos dados monitorados.

O desenvolvimento deste trabalho segue a premissa de que a inteligência artificial aplicada no ITS (*Intelligent Transportation System)* é uma solução para otimização do tráfego entre a zona Norte e a zona Centro-Sul de Manaus, capital do estado do Amazonas. Observa-se que o tráfego pode ser otimizado, se alterada a programação de intervalos dos sinais emitidos pelos semáforos na confluência da Avenida Governador José Lindoso e a Rua Rio Preto, no bairro Aleixo, da cidade. Desta forma, este estudo tem como objetivo apresentar uma proposta de potencialização do fluxo de veículos na região através da aplicação de inteligência artificial.

2. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: ARQUITETURA TEÓRICA

A revisão da literatura apontou quatro agrupamentos semânticos das principais abordagens (neste estudo chamados de termos de equivalência) que sintetizam o que a ciência sabe sobre o que seja inteligência artificial. Os termos de equivalência representam os limites do conhecimento científico sobre determinado fenômeno. O primeiro grupo semântico foi denominado de aplicação. Essa denominação foi escolhida para mostrar que a inteligência artificial é uma forma de aplicação de saberes, conhecimentos e habilidades, enfim, o que o ser humano conhece e sabe fazer. O estudo de Bonfanti (2022) focaliza os agentes da aplicação dos conhecimentos, enquanto os de Tian (2022) e Allami, Nabhan e Jabbar (2022) demonstram explicitamente o sentido de colocar em prática aquilo que se sabe, que é o mesmo sentido que a pesquisa de Harto et al. (2021) confirma. Aplicação, portanto, é um agrupamento semântico que sintetiza os

esforços de vários cientistas no sentido de transformar esquemas lógicos conhecidos, oriundos da ciência, em tecnologias efetivas de inteligência artificial.

O segundo grupo semântico que a revisão da literatura mostrou correspondente à inteligência artificial foi mecanismo. Essa observação se dá pelo levantamento de dados de termos encontrados no levantamento bibliográfico e mostra que mecanismo é uma forma de combinação de processos e conhecimentos. O termo mecanismo é apontado por Khoeronsyah et al. (2022) e Rohman e Fauzijah (2008) que definem a palavra como uma das ferramentas que fazem os computadores pensarem de forma inteligente. Outro termo semelhante a mecanismo e comumente encontrado na literatura é máquina, definida por Venturini (2021) e Pandey et al. (2022) como a capacidade de interpretar dados de forma similar ao pensamento humano. O mecanismo, portanto, também apresenta a capacidade de transformar computação e conhecimento em inteligência artificial. A tabela 1 mostra os diferentes termos de equivalência encontrado na revisão da literatura.

Tabela 1. Inteligência Artificial: termos de equivalência e grupos semânticos

Autores	Termos de Equivalência	Grupo Semântico
Bonfanti (2022)	Agentes	Aplicação
Tian (2022); Allami; Nabhan; Jabbar (2022)	Aplicação	
Harto et al. (2021)	Fazer	
Pandey et al. (2022); Venturini (2021)	Máquina	Mecanismo
Khoeronsyah et al. (2022); Rohman; Fauzijah (2008)	Mecanismo	
Arwatchananukul et al. (2021)	Método	Método
Bahl (2020)	Ramo	
Silva (2018)	Segmento	
Evangelista (2020)	Área	
Pereira (2020)	Atividade	
Kaplan; Norton; Rugelsjoen (2010); Bonfanti (2022); Luger (2004)	Sistema	Sistema
Group SFR-IA; CERF (2018)	Tecnologia	

Fonte: dados coletados pelos autores.

Outro agrupamento semântico encontrado como termo equivalente à Inteligência artificial é método. Essa indicação foi escolhida para representar a capacidade de seguir um processo computadorizado, organizado, sistemático e matemático. O próprio termo método aparece no trabalho de Arwatchananukul (2021) como uma referência a cálculo inteligente, Bahl(2020) utiliza o termo ramo que tem similaridade próxima a método, e o define como uma parte da ciência da computação dedicado ao desenvolvimento de algoritmos, segmento também pertence ao grupo semântico de método e, é apresentada por (2018) como a ciência da computação que se refere às tecnologias e sistemas, já para Evangelista (2020) o termo utilizado é área, que refere-se a ciência da computação responsável por desenvolver computadores e sistemas inteligentes, outro termo próximo a método é atividade que foi apresentada por Pereira (2020) sendo uma conduta computacional que deve corresponder a uma conduta humana. Sendo assim, método, apresenta um esforço da comunidade acadêmica de transformar ciência computacional e algoritmos em inteligência artificial.

O quarto termo que corresponde à inteligência artificial é sistema. O sistema é uma combinação de elementos ou de conjunto de técnicas, habilidades. O vocábulo aparece nos trabalhos de Luger (2004), Kaplan et al (2010) e Bonfanti (2022) para definir IA, os

autores descrevem sistema como abordagens de aprendizado profundo e de máquina para executar uma determinada tarefa. Um termo de similaridade próxima a sistema é tecnologia que é apresentada por Group SFR-IA e CERF (2018) como processamento de dados. Dessa maneira, sistema é um agrupamento semântico que resume os esforços de dos cientistas citados, em representar o aprendizado de máquina e processamento de dados em elementos inteligência artificial.

Os atributos complementam os termos de equivalência e permitam a compreensão do estado da arte do conhecimento científico. Enquanto os termos de equivalência retratam as abordagens, os atributos revelam as características do fenômeno sob estudo, a inteligência artificial. Neste sentido, a literatura revisada trouxe alguns atributos para os termos de equivalência de Inteligência Artificial. O próprio termo Inteligência é o termo que teve tem mais frequente para definir um atributo de Inteligência Artificial. A denominação foi escolhida para representar a capacidade de uma máquina em pensar como ser humano. O vocábulo aparece nos estudos de Evangelista (2020), Tian (2022), Allami et al. (2022), Khoeronsyah et al. (2022), Pandey et al. (2022), Group SFR-IA e CERF (2018), Arwatchananukul et al. (2021), Bahl (2020), Rohman e Fauzijah (2008), Kaplan, Norton e Rugelsjoen (2010) e Luger (2004). Neste caso, o termo traz a ideia de intelecto das máquinas, em oposição à inteligência dos humanos ou de outras espécies vivas. A inteligência é descrita pelos cientistas como uma breve representação de toda capacidade da Inteligência Artificial em se parecer com a de uma espécie animal.

Outro atributo presente nos estudos constantes nas bases científica de dados é a expressão computacional, conforme os estudos de Pereira (2020) e Silva (2018). Este é um atributo que faz menção a ciência da computação e às tecnologias em inteligência artificial. Mais um atributo que se relaciona a inteligência é o de interpretar os dados, conforme apresenta Venturini (2021). O termo computacional apresenta um esforço dos pesquisadores em resumir a relação dos cálculos sistematizados dos computadores com a capacidade humana de calcular de forma organizada. A tabela 2 sintetiza esses achados.

Tabela 2. Inteligência Artificial: atributos e grupos semânticos

Autores	Atributos	Grupo Semântico
Pereira (2020)	Computacional	Computação
Silva (2018)	Computação	
Venturini (2021)	Interpretação	Entendimento
Harto et al. (2021)	Aprendizagem	
Bonfanti (2022)	Artificiais	Inteligência
Khoeronsyah et al. (2022); Pandey et al. (2022); Arwatchananukul et al. (2021); Bahl (2020); Rohman; Fauzijah (2008); Kaplan; Norton; Rugelsjoen (2010); Tian (2022); Evangelista (2020); Allami; Nabhan; Jabbar (2022)	Inteligência	
Group SFR-IA e CERF (2018)	Informação	

Fonte: dados coletados pelos autores.

O terceiro atributo encontrado como adjetivo de inteligência artificial é entendimento. O termo entendimento é a representação do agrupamento semântico de outros três termos. O primeiro termo do agrupamento semântico de entendimento é interpretação, que aparece no trabalho de Venturini (2021) como a capacidade da inteligência artificial de interpretar dados. O segundo termo do agrupamento semântico é aprendizagem que aparece no trabalho de Harto et al (2021) com a relação da

inteligência artificial aprender e ensinar o computador a fazer coisas como o que o humano quer ou poderia fazer. O terceiro termo do agrupamento semântico é artificial, apresentada por Bonfanti (2022) como abordagens de aprendizado profundo e de máquina para executar uma determinada tarefa. Entendimento, portanto, é mais um agrupamento semântico que resume o entendimento dos cientistas como tributo de inteligência artificial. Neste trabalho inteligência artificial será tomada como o mecanismo inteligente. Mecanismo corresponde a capacidade de manter o pensamento estruturado e corresponder a uma conduta humana, e através do processamento de dados torna-se capaz de escolher uma ação e executar uma determinada tarefa. E a inteligência refere-se ao atributo capaz deve assimilar os dados de forma similar ao pensamento humano.

3. ARQUITETURA METODOLÓGICA

Nos estudos de Kaupa (2013), Gomes (2020) e Venturini (2021), as etapas adotadas para a implementação de um sistema de inteligência artificial começa com a modelagem, onde é estabelecido o tipo de inteligência artificial e os métodos simbólicos, que os mecanismos utilizarão para efetuar transformações de símbolos, letras, números ou palavra. O segundo passo é a escolha do algoritmo, onde se cria a regra para executar as tarefas específicas, tal como o processamento de dados. O terceiro passo é a criação da base de dados, etapa no qual inserem-se os dados a serem estudados no software. Por fim, faz-se a análise de dados, onde é executada a relação dos valores das variáveis para a tomada de decisão. Vale ressaltar que os estudos de Ferreira (2019) e Barros Júnior (2014) mostram que a modelagem é equivalente à técnica de decisão, resultante dos elementos que compõem o sistema. Aliás, o uso de modelagem para a tomada de decisão é muito comum nos estudos científicos (ZHANG; XIAO, 2023; HANIFZADEH, 2022; HABIB et al., 2023; MA et al., 2023; . Com base nisso, estabeleceram-se as seguintes etapas para o processo de construção de sistemas de inteligência artificial.

Tabela 3. Inteligência Artificial - Etapas

Autores	Etapas
Kaupa (2013)	1. Modelagem 2. Inserção de bando de dados 3. Análise de dados
Gomes (2020)	1. Modelagem matemática 2. Definição de Software de simulação 3. Coleta dados 4. Análise de Dados
Ferreira (2019)	1. Escolha das técnicas de inteligência artificial 2. Definição de Algoritmo de aprendizagem 3. Inserção de banco Base de dados
Barros Junior (2014)	1. Montagem da árvore de decisão 2. Mineração de Dados 3. Análise de Similaridade
Venturini (2021)	1. Modelagem 2. Definição de Software para aplicação 3. Coleta de dados 4. Análise de dados

Fonte: dados coletados pelos autores.

Como mostram os dados contidos na tabela 3, o número de etapas obtidas no levantamento da literatura acerca da construção da inteligência artificial varia entre três

etapas, como nos estudos de Kaupa (2013), Ferreira (2019) e Barros Júnior (2014), e quatro, como nos de Gomes (2020) e Venturini (2021). A primeira etapa mais comum é a modelagem, apontada por Venturini (2021), Gomes (2020) e Kaupa (2013). A última etapa é a mais consensual, constituindo-se da análise de dados (KAUPA, 2013; GOMES, 2020; VENTURINI, 2021), análise de similaridade (BARROS JÚNIOR, 2014) e inserção de dados (FERREIRA, 2019). As fases intermediárias, ao que tudo indica, dão conta das especificidades da aplicação, o que pode explicar em parte a diferenciação verificada. Para este estudo, o método utilizado será constituído de quatro etapas: modelagem, escolha do algoritmo, inserção de dados na base e análise de dados na base. Vejamos cada uma delas de forma sintética.

Primeira etapa: Modelagem

Modelagem é um conhecimento básico e fundamental da matemática, contendo lógica de programação, logica de dados e análise de dados desenvolvida para solução de problemas (RODRIGUES, 2021; CITROHN, STOLPE; SVENSSON, 2023; AY, 2022; SEIJAS; USKOLA, 2022). É aqui que é definido o que se deve saber para se tornar um especialista em modelagem. Kaupa (2013) resume a modelagem como uma escolha de aplicação mais apropriada de acordo com aplicação. Por outro lado, o estudo de Barros (2014) mostra que a modelagem é uma árvore de decisão, ou seja, um mapa que relaciona possíveis resultados. Um exemplo de modelagem é uma escolha de tomadas de decisão para aplicação de técnicas de inteligência no processo decisório de empresas.

Segunda etapa: Escolha do Algoritmo

O algoritmo é uma técnica onde é definida as etapas de um processo de aprendizagem ou de processamentos de dados. De acordo com (Venturini, 2021), a etapa do algoritmo é onde cria-se a regra que vai executar as tarefas específicas, tal como o processamento de dados. Uma aplicação da concepção de algoritmo em inteligência artificial é a criação de etapas, conforme o que é proposto por Ferreira (2019).

Terceira etapa: Inserção de dados na base

A inserção de base dados refere-se ao adicionamento de informação em um software. Conforme Gomes (2020), a base de dados é a etapa na qual se inserem os dados a serem estudados no software. Para Kaupa (2013), a inserção de banco de dados é anexar os parâmetros de entrada no software ou algoritmo escolhido para a aplicação de inteligência artificial. Um exemplo é o anexo à incorporação de números em um software para análise de uma aplicação de investimento na bolsa de valores, como é demonstrado na pesquisa de Kaupa (2013).

Quarta etapa: Análise de dados na base

Análise de dados é uma relação dos valores presentes na base dados com o algoritmo escolhido no qual toda informação é transformada em decisão. Considerando a descrição de Barros (2014), a análise de dados é como a relação dos valores das variáveis da tomada de decisão. Venturini (2021) entende que a análise de dados é a transformação de números e informações em tomadas de decisão. Um exemplo de análise de dados é a obtenção de identificação precoce de sinais de deterioração clínica de pacientes através de inteligência artificial, como apresentada no trabalho de Venturini (2021).

A inteligência artificial necessita seguir uma sequência lógica básica, em formato de arquitetura, para que possa ser materializada. Este trabalho propõe que essa arquitetura seja composta pelas etapas de modelagem, algoritmo, base de dados e análise

de dados. É essa sequência que se pretende utilizar para criar o mecanismo de controle de semáforos na capital amazonense. Uma das principais vantagens do uso tecnologia de inteligência artificial no controle de semáforos é que ela apresenta simplicidade na sua aplicação, ou seja, é de fácil emprego o monitoramento do trânsito, assim como a transformação do fluxo de automóveis em dados e, posteriormente, analisá-los permanentemente, com atualizações constantes. A atualização constante já é "responsabilidade" do mecanismo inteligente que se pretende criar e implementar.

AGRADECIMENTOS

Este artigo é o resultado do projeto de PD&I ARANOUÁ, realizado pelo Instituto Federal do Amazonas (IFAM) em parceria com a Samsung Eletrônica da Amazônia Ltda., usando recursos da Lei Federal nº 8.387/1991, estando sua divulgação e publicidade em conformidade com o previsto no artigo 39.º do Decreto nº 10.521/2020.

REFERÊNCIAS

[1] ALLAMI, Faez Abdulhasan Jasim; NABHAN, Sadeq Hussein; JABBAR, Ali Khazaal. A comparative study of measuring the accuracy of using artificial intelligence methods as an alternative to traditional methods of auditing. World Economics and Finance Bulletin, v. 9, p. 90-99, 2022.

[2] ARWATCHANANUKUL, Sujitra et al. A case study in class user interface design of problem-based learning modeling (uidpbl). In: 2021 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunication Engineering. IEEE, 2021. p. 364-367. https://doi.org/10.1109/ECTIDAMTNCON51128.2021.9425750.

[3] AY, Ilja. Social (in) equality through mathematical modelling? Results of a case study. In: Twelfth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME12). 2022.

[4] BAHL, Manisha. Artificial intelligence: a primer for breast imaging radiologists. Journal of Breast Imaging, v. 2, n. 4, p. 304-314, 2020. https://doi.org/10.1093/jbi/wbaa033.

[5] BARROS JUNIOR, Daniel Ferreira de. Aplicação de técnicas de inteligência computacional no apoio à decisão em jogo de empresas. 2014. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2014.

[6] BONFANTI, Matteo E. Artificial intelligence and the offence-defence balance in cyber security. In: CAVELTY, Myriam Dunn; WENGER, Andreas. (Eds.). Cyber security: socio-technological uncertainty and political fragmentation. London: Routledge, 2022, p. 64-79.

[7] CHEONG, Robin Chan Kuok; LIM, Joanne Mun-Yee; PARTHIBAN, Rajendran. Missing traffic data imputation for artificial intelligence in intelligent transportation systems: review of methods, limitations, and challenges. IEEE Access, v. 11, p. 34080-34093, 2023. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3264216.

[8] CITROHN, Björn; STOLPE, Karin; SVENSSON, Maria. The use of models and modelling in design projects in three different technology classrooms. International journal of technology and design education, v. 33, n. 1, p. 63-90, 2023. https://doi.org/10.1007/s10798-022-09730-9.

[9] EVANGELISTA, João Rafael Gonçalves. Abordagem de inteligência de fontes abertas com mapas auto-organizáveis de kohonen e processamento de linguagem natural para execução automática de dorks. 2020. 155 f. Dissertação (Mestrado em Informática e Gestão do Conhecimento). Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2020.

[10] FERREIRA, Ricardo Pinto. Inteligência computacional na previsão do absenteísmo e identificação de tendências absenteístas. 2019. 200 f. Tese (Doutorado em Informática e Gestão do Conhecimento). Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2019.

[11] GARCÍA, Nelson Murcia. Rede neural bio-inspirada para o controle dinâmico de múltiplas interseções. 2020. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

[12] GOMES, Marcos Geraldo. Ganhos na eficiência econômica, ambiental e social com a implantação da inteligência artificial na operação de barragens: rumo aos princípios da indústria 4.0. 2020. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2020.

[13] GROUP SFR-IA; CERF. Artificial intelligence and medical imaging 2018: French Radiology Community white paper. Diagnostic and Interventional Imaging, v. 99, n. 11, p. 727-742, 2018. https://doi.org/10.1016/j.diii.2018.10.003.

[14] HABIB, Joseph R. et al. Surgical Decision-making in pancreatic ductal adenocarcinoma: modeling prognosis following pancreatectomy in the era of induction and neoadjuvant chemotherapy. Annals of surgery, v. 277, n. 1, p. 151-158, 2023.

[15] HANIFZADEH, Faezeh. A comprehensive model for determining the role of entrepreneurial decision-making in recognition and evaluation of opportunities: a meta-synthesis review. Journal of Global Entrepreneurship Research, V. 12, 395–422 (2022). https://doi.org/10.1007/s40497-022-00338-w.

[16] HARTO, Budi et al. Bibliometric analysis of transforming leadership education with artificial intelligence. In: The 1ST Workshop on Writing Scientific Article for International Publication Indexed by Scopus, 2022, p. 385-390. https://doi.org/10.2478/9788366675827-067.

[17] KAPLAN, Robert S.; NORTON, David P.; RUGELSJOEN, Bjarne. Managing alliances with the balanced scorecard. Harvard business review, v. 88, n. 1, p. 114-120, 2010.

[18] KARIMOV, Asror. "Green wave" module for creating an artificial intelligence-based adaptive complex of road network permeability to improve road traffic safety. International Bulletin of Engineering and Technology, v. 3, n. 3, p. 108-127, 2023.

[19] KAUPA, Paulo Henrique. Aplicação de técnicas da inteligência artificial na seleção de ações para investimento na bolsa de valores de São Paulo. 2013. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2013.

[20] KHOERONSYAH, Aria et al. Chatbot design using artificial intelligence with natural language processing to increase customer satisfaction at MSME level. Central Asia and the Caucasus, v. 23, n. 1, p. 4159-4168, 2022.

[21] LEE, Wei-Hsun; LAI, Yen-Chen; CHEN, Pei-Yin. A study on energy saving and CO2 emission reduction on signal countdown extension by vehicular ad hoc networks. IEEE transactions on vehicular technology, v. 64, n. 3, p. 890-900, 2014. https://doi.org/10.1109/TVT.2014.2305761.

[22] LIU, Jianqi et al. Multi-lane detection by combining line anchor and feature shift for urban traffic management. Engineering Applications of Artificial Intelligence, v. 123, p. 106238, 2023. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106238.

[23] LUGER, George F. Inteligência artificial: estruturas e estratégias para a solução de problemas complexos. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

[24] MA, Xiaoyu et al. A linguistic information granulation model based on best-worst method in decision making problems. Information Fusion, v. 89, p. 210-227, 2023. https://doi.org/10.1016/j.inffus.2022.08.015.

[25] PANDEY, Manish et al. Artificial intelligence in healthcare: diabetic retinopathy. In: GUPTA, Deepak et al. (Eds.). Proceedings of data analytics and management. Singapore: Springer, 2022. p. 459-466.

[26] PEREIRA, Thiago Pedroso. A legalidade e efetividade dos atos judiciais realizados por inteligência artificial. 2020. 122 f. Dissertação (Mestrado em Direito). Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2020.

[27] RODRIGUES, Geraldo Luiz Veiga; SANTOS JÚNIOR, Fábio Roberto dos. Uso de dados aliados a micro e pequenas empresas pós-covid-19: uma aplicação da análise verbal de decisão e cocriação B2B. 2021. 70 f. Monografia (Especialização em Big Data Estratégico). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

[28] ROHMAN, Feri Fahrur; FAUZIJAH, Ami. Rancang bangun aplikasi sistem pakar untuk menentukan jenis gangguan perkembangan pada anak. Media informatika, v. 6, n. 1, 2008.

[29] SANTOS, Jairo Norberto; GUSMÃO, Mírian Sandra; COELHO, Clarimar José. Reconhecimento de Congestionamento de Veículos em Semáforos Empregando Análise de Componentes Principais. Revista Arithmós-Revista da Escola de Ciências Exatas e da Computação, v. 1, n. 1, p. 54-60, 2019. https://doi.org/10.18224/arithmos.v1i1.6950.

[30] SEIJAS, Nahia; USKOLA, Araitz. Revision and manipulation of physical models as tools for developing the aquifer model by Preservice Elementary Teachers. International Journal of Science Education, v. 44, n. 11, p. 1715-1737, 2022. https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2095453.

[31] SILVA, Antonio Donizete Ferreira da. Processo judicial eletrônico e a informática jurídica: um olhar para o uso da inteligência artificial como ferramenta de eficiência na prestação jurisdicional. 2018. 133 f. Dissertação (Mestrado em Direito). Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2018.

[32] TIAN, Hua. Application and analysis of artificial intelligence graphic element algorithm in digital media art design. Mobile Information Systems, v. 2022, 2022. https://doi.org/10.1155/2022/6946616. VENTURINI, Glória de Fátima Pereira. Inteligência artificial em gestão de operações de saúde: avanços para identificação precoce de sinais de deterioração clínica de pacientes. 2021. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2021.

[33] XIA, Li. Basic data analysis of smart city traffic planning based on ArcGIS. In: In: JANSEN, B. J.; ZHOU, Q.; YE, J. (Eds). Proceedings of the 2nd International Conference on Cognitive Based Information Processing and Applications (CIPA 2022). CIPA 2022. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, Singapore: Springer, 2022, v. 155. https://doi.org/10.1007/978-981-19-9373-2_31.

[34] WYSOCKI, Oskar et al. Assessing the communication gap between AI models and healthcare professionals: explainability, utility and trust in AI-driven clinical decision-making. Artificial Intelligence, v. 316, p. 103839, 2023. https://doi.org/10.1016/j.artint.2022.103839.

[35] ZHANG, Shengjia; XIAO, Fuyuan. A TFN-based uncertainty modeling method in complex evidence theory for decision making. Information Sciences, v. 619, p. 193-207, 2023. https://doi.org/10.1016/j.ins.2022.11.014.

Capítulo 7

Sistema de monitoramento: Uma proposta de definição conceitual a partir do estado da arte

Ladislau Sandoval Vasconcelos Filho, Alyson de Jesus dos Santos, Vitor Bremgartner da Frota, Daniel Nascimento e Silva

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia, sem dúvidas, é um grande facilitador de atividades realizadas diariamente pelos seres humanos. Em outros tempos, essas mesmas atividades eram realizadas manualmente e exigiam muito tempo e esforço; hoje, podem ser realizadas de forma automática, com um tempo menor e de forma mais eficiente. Porém, as tecnologias que usufruímos atualmente não foram inventadas de uma hora para outra. Elas apresentam procedimentos parecidos aos científicos. Tais procedimentos têm como ponto de partida bases seguras, as quais são chamadas de definições conceituais. Dessa forma é possível apontar o nível de conhecimento disponível sobre determinado assunto, fato ou fenômeno de qualquer natureza.

No entanto, a ciência ainda não estabeleceu uma definição conceitual sobre sistema de monitoramento. Não existe ainda uma receita de bolo para se fazer um sistema de monitoramento de qualquer natureza. Isso quer dizer que ainda não temos uma só resposta no que diz respeito a esse procedimento. Através desta pesquisa descobriu-se que, para se fazer o monitoramento de qualquer coisa, é necessária a utilização de tomadas de decisão, acompanhamento, infraestrutura e tempo.

Assim, o objetivo deste estudo é apresentar para a comunidade cientifica uma proposta de definição conceitual para sistema de monitoramento capaz de estruturar tanto o conhecimento científico quanto a produção de tecnologias com esse intuito. Para isso, este artigo está organizado em duas partes. A primeira parte apresenta uma arquitetura teórica assentada sobre a definição conceitual proposta e, em seguida, apresenta uma estrutura metodológica capaz de construir tecnologias de monitoramento sob o ponto de vista dos sistemas.

2. SISTEMA DE MONITORAMENTO: ARQUITETURA TEÓRICA

A revisão da literatura sobre o que é um sistema de monitoramento não apresentou predominância ou consenso. O termo de equivalência mais citado foi conjunto, em apenas dois estudos (ENGELMANN et al., 2017; GILES, 2015). Sob essa perspectiva, um conjunto é uma forma de coletânea de elementos que apresentam alguma característica em comum, como é o caso dos dias da semana (segunda-feira, terça-feira etc.) e dos meses do ano (janeiro, fevereiro etc.). Assim, um sistema de monitoramento enquanto conjunto dá a ideia de que há um conjunto de elementos ou componentes que o compõem e produzem o seu funcionamento.

Ferramenta e sistema foram outros dois termos de equivalência encontrados e que estão vinculados à mesma ideia, cujo termo mais adequado é sistema, por ser mais amplo.

A razão desse agrupamento é que, a partir dos estudos de Grzonka et al. (2018), Ciminello et al. (2023), Campos-Ferreira et al. (2023), Wu et al. (2023), Chaudhry et al. (2023) e Xie et al. (2023), um sistema de monitoramento é uma ferramenta que gera um determinado resultado de forma semelhante ao que produz um sistema maior. Dito de outra forma, um macrossistema é equivalente a um microssistema em formato estrutural e funcional. Os estudos de Boffa et al. (2019), Tian et al. (2023), Zulmi (2023), Lin et al. (2023), Emblemsvåg e Emblemsvåg (2023) e Jadhav, Imran e Haque (2023) entendem um sistema como um conjunto de entradas interconectadas que são transformadas em saídas ou executar uma missão que, neste caso, é o monitoramento. A tabela 1 sintetiza esses achados.

Tabela 1. Termos de equivalência de Sistema de Monitoramento

Autores	Termos de Equivalência	Grupo Semântico
Ben-daya et al (2020)	Capacidade	Capacidade
Engelmann et al (2017); Giles et al (2015)	Conjunto	Conjunto
Swinyard (2015)	Descrição	Descrição
Grzonka et al (2018)	Ferramenta	
Boffa et al (2019)	Sistema	Sistema
Chakraborty (2016)	Variável	Variável

Fonte: dados coletados pelos autores.

O termo capacidade foi apontado isoladamente, a partir do estudo de Ben-daya al. (2020), e que tem como sentido oferecer a capacidade de monitoração do ambiente em que está instalada a ferramenta, como os sensores, com capacidade de detecção de objetos ou coisas. Por exemplo a capacidade de colher dados de sensores de temperatura e dados sobre a luminosidade de um ambiente. Existem na literatura diversos de outros estudos que utilizam os sensores como ferramentas de monitoramento, como é o caso de Sing e Shanker (2023), Yan et al. (2023) e Le Bras et al. (2023).

Na revisão na literatura outro termo também foi apontado sozinho: descrição, citado no estudo de Swinyard (2015). Para os sistemas de monitoramento, a descrição tem como finalidade apresentar uma representação do que está sendo monitorado em conformidade com a realidade. Dito de outra forma, os sistemas de monitoramento precisam ser a descrição real, fiel, da realidade. É o caso, por exemplo, de se descrever o que está acontecendo durante uma leitura de dados, a partir de um sensor de temperatura. O sensor registra o comportamento da realidade, da temperatura, passa esse valor captado pelo sensor em tempo real para o sistema de dados que compara com os registros captados pelos sensores de presença e envia uma notificação sobre a possível presença de algum suspeito em determinado ambiente.

Por fim outro termo de equivalência que também aparece sozinho é variável, como apontado no estudo de Chakraborty (2016). Nos sistemas de monitoramento, a variável permite identificar oportunidades de identificar erros e proporcionar melhoria no sistema. É o caso, por exemplo, enviar notificações sobre o estado que o sistema de alarme se encontra, ligado ou desligado, e o estado de uma lâmpada, que está sendo monitorado através de um sensor de luminosidade. Nesse sentido, para este estudo, o termo de equivalência que será utilizado é sistema. Essa abordagem permite que sejam utilizadas ferramentas como sensores e atuadores para fazerem a leitura de dados e enviar esses mesmos dados para um servidor web, que serão apresentados em uma tela de monitoramento.

Os sistemas de monitoramento apresentam uma série de características já mapeadas pela ciência, chamadas, sob o ponto de vista linguístico, de atributos. Todo sistema de monitoramento é construído através dos processos de decisão, pois a partir daí é possível contornar possíveis problemas que venham acontecer. Para decidir, é preciso que seja atribuído a alguém o poder de decidir. Por essa razão, a atribuição é um dos atributos principais encontrados na literatura, conforme mostra o estudo de Chakraborty (2016). Para chegar a um resultado, é preciso passar por um rigoroso processo de avaliação, onde se busca analisar todo o processo de funcionamento do sistema, as entradas, os produtos, a consecução dos objetivos, as metas e os impactos do projeto (ENGELMANN, 2017). A avaliação precisa estar assentada sobre a confiabilidade do sistema de monitoramento. A confiabilidade é definida como a habilidade do sistema de executar sua função dentro dos limites e condições de operação durante um tempo definido. Dessa forma, a confiabilidade é comumente encontrada na literatura para caracterizar todo tipo de sistema de monitoramento (GILES et al, 2015). Finalmente, o atributo condicional representa um fator importante no processo de determinar a condição do sistema durante a operação para identificar uma possibilidade de falha (BOFFA et al., 2019; GRZONKA et al., 2018).

Monitoramento é outro atributo que caracteriza todo tipo de sistema e também reúne vários outros, como detecção (ENGELMANN et al. 2017), monitoramento (CHAKRABORTY, 2016; BOFFA et al., 2019), presença (ENGELMANN et al., 2017), medição (CHAKRABORTY, 2016; BEN-DAYA et al., 2020; ENGELMANN et al., 2017) e verificação (ENGELMANN et al., 2017; BEN-DAYA et al., 2020). Nesses estudos é citado a detecção como a maneira mais eficaz de alertar os ocupantes de algum local de que existe um problema e que ele deve ser evacuado. Monitoramento tem como intuito antecipar anormalidades, garantir a segurança residencial, patrimonial e das pessoas, além de inibir a presença de pessoas capazes de fazer algum tipo de maldade. Presença, em sistema de monitoramento, é relativo ao uso de sensores de presença para detectar pessoas e animais que, ao entrarem em ambientes com sensores instalados, o calor emitido pelos seus corpos é interpretado como sinal elétrico, que aciona o que estiver conectado a algum dispositivo, seja alarme, seja lâmpadas, por exemplo. Medição é utilizada para fazer o monitoramento bastando medir o que é desejado; no entanto, é necessário entender o funcionamento do sistema. Por fim, a verificação é a confirmação, através do fornecimento de evidências objetivas, de que os requisitos especificados durante o processamento do sistema foram cumpridos. É o caso, por exemplo, da leitura do sensor de temperatura. A tabela 2 sintetiza os atributos de sistema de monitoramento encontrados na literatura.

Tabela 2. Atributos de sistema de monitoramento

Autores	Atributos	Grupo Semântico
Chakraborty (2016)	Atribuição	Decisão
Engelmann et al (2017)	Avaliação	
Giles et al (2015)	Confiabilidade	
Boffa et al (2019); Grzonka et al (2018)	Condição	
Engelmann et al (2017)	Detecção	Monitoramento
Chakraborty (2016); Boffa et al (2019)	Monitoramento	
Engelmann et al (2017)	Presença	
Chakraborty (2016); Ben-daya et al (2020); Engelmann et al (2017)	Medição	
Engelmann et al (2017); Ben-daya et al (2020)	Verificação	

Fonte: dados coletados pelos autores.

Tabela 2. Atributos de sistema de monitoramento (continuação)

Autores	Atributos	Grupo Semântico
Grzonka et al (2018)	Hardware	Infraestrutura
Giles et al (2015)	Sensores	
Engelmann et al (2017); Grzonka et al (2018); Giles et al (2015)	Sistemas	
Giles et al (2015); Swinyard (2015)	Processamento	Tempo
Boffa et al (2019)	Tempo	

Fonte: dados coletados pelos autores.

O seguinte agrupamento semântico dos atributos de sistema de monitoramento criado foi infraestrutura. Esse termo reúne os seguintes atributos: hardwares (GRZONKA et al., 2018), sensores (GILES et al., 2015) e sistemas (ENGELMANN et al., 2017; GRZONKA et al., 2018; GILES et al., 2015). Esses atributos englobam a ideia de conjunto de ferramentas necessárias para criar um sistema de monitoramento, seja ele qual for. Através do uso de hardwares é possível montar algo físico; e através de sensores há a possibilidade de se coletarem dados em tempo real para serem processados através de sistemas de monitoramento. Esses sistemas fazem a reunião de ambos os instrumentos, que compõem a construção da infraestrutura necessária para a sua operação.

O último agrupamento semântico dos atributos de sistema de monitoramento encontrado na literatura foi tempo. Esse agrupamento foi resultado da reunião de dois atributos: processamento (GILES et al., 2015; SWINYARD, 2015) e tempo (BOFFA et al., 2019). Esses atributos têm como características o tempo de resposta que o sistema levará para processar determinada tarefa que deverá ser feita e o tempo de resposta para a leitura de dados no sistema de monitoramento.

3. FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA

Para que possa ser criado um sistema de monitoramento é necessário o uso de dois componentes, como é possível notar nos estudos de Santos et al. (2017), Treter et al (2014), Costa e Lima (2015) e Oliveira e Serra (2017), que são o hardware, que engloba todo e qualquer tipo de equipamento mecânico necessário para realização de uma determinada atividade, e o software, que reúne um conjunto de componentes lógicos de um computador ou ainda um sistema de processamento de dados, programa que controla o funcionamento de um computador. Segundo os estudos de Souza, Goulart e Pillat (2016), Argenta et al. (2020) e Lopes (2012), os dispositivos eletrônicos são de suma importância para a criação de sistema de monitoramento de qualquer natureza, visto que são um conjunto de pequenas unidades e atuadores capazes de funcionar qualquer tipo de aparelho que conduza eletricidade.

Tabela 3. Componentes de um sistema de monitoramento.

Referências	Componentes
Souza; Goulart; Pillat (2016); Argenta et al. (2020); Lopes et al. (2012)	1) Dispositivos eletrônicos
Santos et al. (2017); Costa et al. (2015); Treter et al. (2014); Oliveira et al (2017)	2) Hardware 3) Software
Oliveira et al. (2017)	1) Leitor (transmissor e decodificador) 2) Transponder (etiqueta de radiofrequência)
Cardozo (2022)	1) Microcontrolador
Rêgo et al. (2016)	1) Sensores de temperatura 2) Circuito de condicionamento de sinais 3) Dispositivos de armazenamento de dados
Lopes et al. (2012)	1) Cabos e condutores 2) Subestações e sistemas de proteção

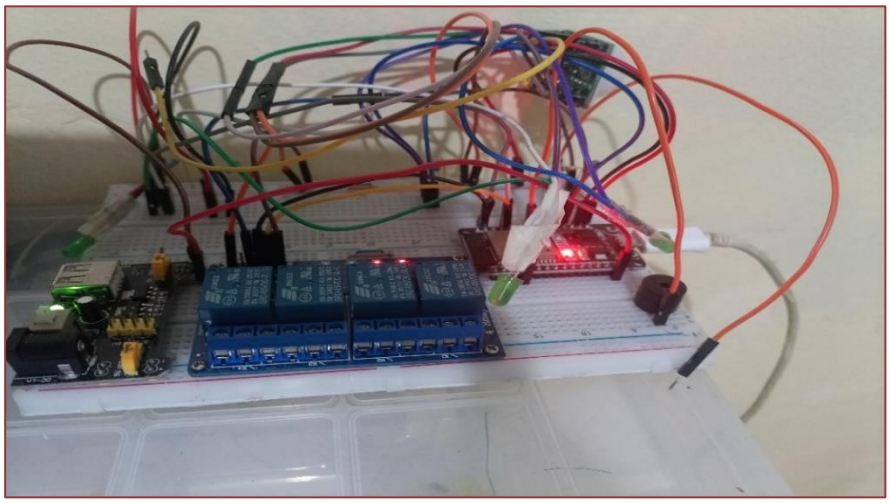
Fonte: dados coletados pelos autores.

Como se pode ver na tabela 3, há outros componentes essenciais para criação de um sistema de monitoramento, como microcontrolador (CARDOZO, 2022), cabos, condutores, subestações e sistemas de proteção (LOPES et al., 2012), sensores de temperatura, circuito de condicionamento de sinais e dispositivos de armazenamento de dados (RÊGO et al., 2016) e leitor e transponder (OLIVEIRA; SERRA, 2017), dentre outros, que fazem parte da criação de qualquer sistema que se desejar monitorar. Para esse estudo, será feito o uso de hardware e software, além do uso de microcontrolador, sensores e atuadores na criação do sistema de monitoramento.

3.1. PROTÓTIPO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO

A ideia de hardware é a junção de todos os componentes que fazem parte de um sistema no qual podemos tocar. Então, para este sistema, tem-se o hardware, que é formado por sensores e atuadores, como módulo relé, sensores de presença e luminosidade, além da protoboard, que é onde será montada toda a estrutura do sistema, com fios para fazer as devidas ligações entre si, e o microcontrolador, que é o principal componente do projeto. O protótipo pode ser visto na figura 1.

Figura 1. Protótipo Sistema de Monitoramento

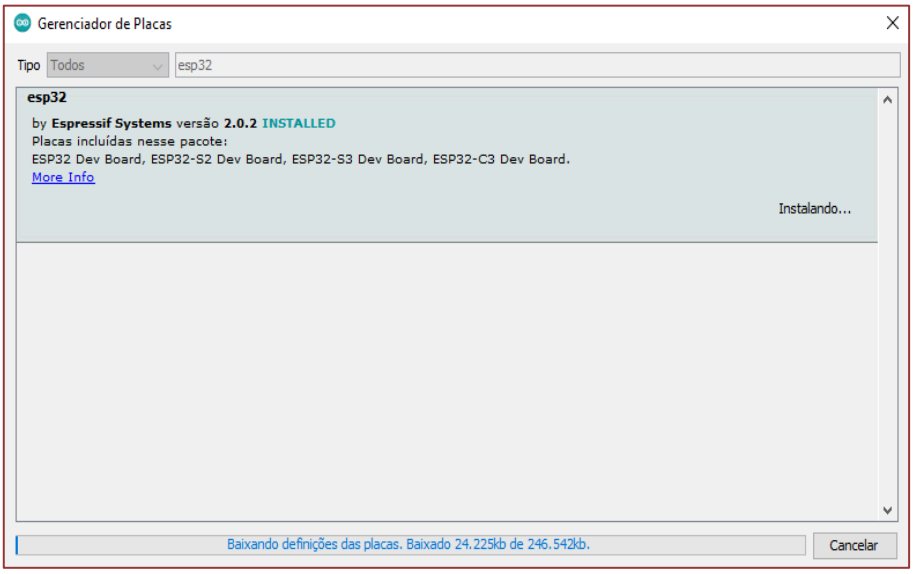


Fonte: foto capturada pelos autores.

3.2. AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO E BIBLIOTECAS

Para fazer a gravação do código no microcontrolador ESP32, é necessário utilizar um ambiente de desenvolvimento integrado denominado IDE, que converte e grava o código no microcontrolador. Para esse projeto será utilizado o ambiente de desenvolvimento Arduino IDE. A figura 2 mostra a instalação da placa ESP32 no ambiente de desenvolvimento para que possa ser reconhecido e seja gravado o código e suas bibliotecas.

Figura 2. Instalação da placa ESP32



Fonte: Captura de tela feita pelos autores.

3.3. WEBSITE

No ambiente de desenvolvimento do Arduino IDE será criada uma página Web para que possa ser monitorada pelo usuário e alterar o estado do ambiente. Na figura 3 está representada a página Web em desenvolvimento. Seu desenvolvimento contou com o uso da linguagem de marcação de hipertexto (HTML), que é o componente básico da web com objetivo de estabelecer a estrutura básica do website. Também foi utilizada a folha de estilo (CSS), que serve para dar uma melhor aparência à página.

Figura 3. Página em desenvolvimento do Projeto IoT

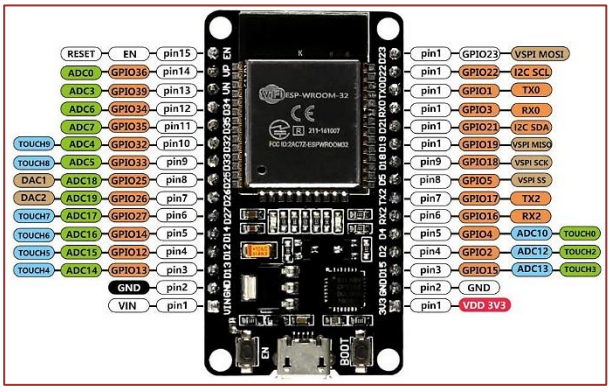
Fonte: Captura de tela feita pelos autores.

O código do website está presente em uma única página que, por sua vez, está gravada dentro do microcontrolador ESP32. Dessa forma, o site tem as seguintes partes: controle de iluminação através de botões, acionamento automático da luz externa com monitoração do seu status, sistema de alarme com sensor de presença e buzzer, podendo ser acompanhado pela página em tempo real através do seu status.

3.4. MÓDULO WI-FI ESP32

Este é um microcontrolador que agrupa todos os componentes para o funcionamento de um chip. Ele tem a capacidade de proporcionar comunicação sem fio através da rede wi-fi e do sistema bluetooth. Neste trabalho será utilizada a comunicação através da rede wi-fi, visto que quase toda residência possui essa tecnologia. Além do mais, fica muito mais barato, na hora de criar um sistema de monitoramento, porque a sua implantação é mais rápida. A figura 4 mostra o microcontrolador que será utilizado no trabalho.

Figura 4. Módulo ESP32

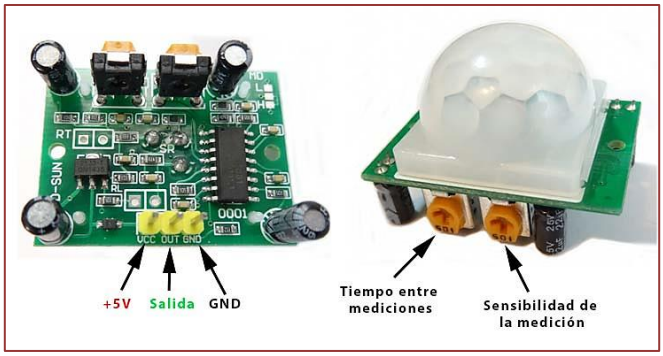


Fonte: https://www.amazon.com.br/MELIFE-desenvolvimento-processador-microcontrolador-Bluetooth/dp/B07Q576VWZ.

3.5. SENSOR DE PRESENÇA (PIR - PASSIVE INFRARED)

Este é um sensor piroelétrico de alta sensibilidade que detecta a radiação infravermelha emitida por um corpo. Quanto mais quente o corpo, maior é a radiação infravermelha emitida. Ele é quem detecta a presença de qualquer corpo que emita ondas de calor e ondas infravermelhas. Ele detectará instantaneamente a presença de um "intruso" e fará a notificação através de um alarme, que pode ser uma campainha, um buzzer ou uma luz, dentre outras possibilidades. Ele também pode ser colocado e direcionado para uma porta ou janela e, assim que tiver algum movimento, irá soar o buzz, quando for detectada a presença de um corpo no ambiente onde foi instalada o sensor PIR.

Figura 5. Sensor PIR

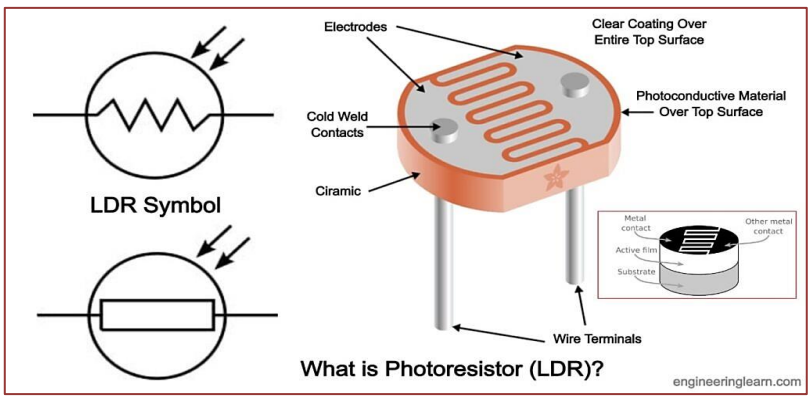


Fonte: https://www.automatismos-mdq.com.ar/blog/2018/02/alarma-sencilla-con-pic-y-sensor-pir.html

3.6. SENSOR DE LUMINOSIDADE LDR

O LDR (Sensor Dependente de Luz, da sigla em inglês) é um dispositivo semicondutor eletrônico que possui dois terminais. Ele tem como característica possuir certa resistência, de acordo com a quantidade de luz incidente sobre ele, de forma quase linear. Além disso, ele é um elemento não polarizado, o que faz com que a corrente possa circular em ambos os sentidos, como mostra a representação na figura 6.

Figura 6. Sensor LDR



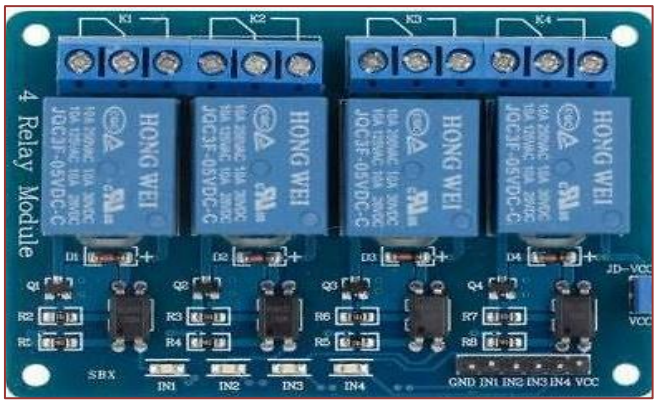
Fonte: https://engineeringlearn.com/what-is-ldr-photoresistor-types-working-application-diagram-symbol-complete-details/

Para a aplicação do protótipo, a ideia é acionar uma lâmpada externa (Iluminação noturna automática) sem a iteração humana. Assim que escurecer, a lâmpada é acionada. E assim que o dia amanhecer, a luz da lâmpada se apaga.

3.7. MÓDULO RELÉ

Para este trabalho será utilizado o módulo relé que, em conjunto com os sensores, terá a finalidade de ligar ou desligar cargas elétricas de lâmpadas. Essas lâmpadas, em conjunto com o sensor de luminosidade (LDR) ou outro, poderá ser acionada através de comandos de usuário, por meio da web, ligando ou desligando a lâmpada da sala. A figura 7 mostra a imagem do módulo relé.

Foto 7. Módulo Relé



Fonte: https://www.piscaled.com.br/modulo-rele-4-canais-5v-220v/110v-10a

A tecnologia que se pretende construir, portanto, executará as quatro funções dos sistemas de monitoramento: tomada de decisão, monitoramento, infraestrutura e tempo. Esses quatro atributos compõem a estrutura lógica que começa com a apresentação de um problema e termina com uma resposta, dada através de um método que qualquer pesquisador da área de monitoramento será capaz de entender e executar.

AGRADECIMENTOS

Este artigo é o resultado do projeto de PD&I ARANOUÁ, realizado pelo Instituto Federal do Amazonas (IFAM) em parceria com a Samsung Eletrônica da Amazônia Ltda., usando recursos da Lei Federal nº 8.387/1991, estando sua divulgação e publicidade em conformidade com o previsto no artigo 39.º do Decreto nº 10.521/2020.

REFERÊNCIAS

[1] ARGENTA, Celice A. M. et al. Desenvolvimento de um sistema de automação residencial com a aplicação de android e arduino. Revista Eletrônica de Iniciação Científica em Computação, v. 18, n. 2, 2020. https://doi.org/10.5753/reic.2020.1715.

[2] BEN-DAYA, Mohamed et al. The role of internet of things in food supply chain quality management: A review. Quality management journal, v. 28, n. 1, p. 17-40, 2020. https://doi.org/10.1080/10686967.2020.1838978

[3] BOFFA, Natalino Daniele et al. Hybrid Structural Health Monitoring on composite plates with embedded and secondary bonded Fiber Bragg Gratings arrays and piezoelectric patches. In: Proceedings of the 11th International Symposium NDT in Aerospace (AeroNDT 2019), Paris-Saclay, France. 2019. p. 13-15. https://doi.org/10.1117/12.2516537.

[4] CAMPOS-FERREIRA, Andres E. et al. Vehicle and driver monitoring system using on-board and remote sensors. Sensors, v. 23, n. 2, p. 814, 2023. https://doi.org/10.3390/s23020814.

[5] CARDOZO, Giovanni. Inteligência artificial aplicada a sistemas supervisórios de automação residencial com internet das coisas. 2022. 22 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2022.

[6] CHAKRABORTY, Tandra. Automated extraction of behaviour model of applications. 2016. 122 f. Dissertação (Mestrado em Electrical and Computer Engineering). University of Waterloo, Waterloo, Canada, 2016.

[7] CHAUDHRY, Naveed et al. Life stressors during pregnancy in women with epilepsy: results from the pregnancy risk assessment monitoring system. Neurology, 2023. https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000207274.

[8] CIMINELLO, Monica et al. Preliminary results of a structural health monitoring system application for real-time debonding detection on a full-scale composite spar. Sensors, v. 23, n. 1, p. 455, 2023. https://doi.org/10.3390/s23010455.

[9] COSTA, Alexandre Aprato Ferreira; LIMA, Paulo Ricardo Barbieri Dutra. Automação residencial com foco no consumo consciente de energia elétrica. Revista do CCEI, v. 19, n. 34, p. 19-35, 2015.

[10] EMBLEMSVÅG, Marianne Synnes; EMBLEMSVÅG, Jan. Developing a generic model of Gresham's law for qualitative analyses. International Journal of General Systems, v. 52, n. 2, p. 113-130, 2023. https://doi.org/10.1080/03081079.2022.2104270.

[11] ENGELMANN, Pâmela de Medeiros. Determinação de isótopos estáveis de carbono e de parâmetros físico-químicos para controle de contaminação em águas superficiais e subterrâneas próximas a um aterro sanitário. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

[12] GILES, Ryan Kent. Development of a long-term, multimetric structural health monitoring system for a historic steel truss swing bridge. 2013. 363 f. Tese (Ph.D in Engineering). University of Illinois at Urbana-Champaign, 2015.

[13] SOUZA, Raiane Viana; GOULART, Aline da Mota; PILLAT, Valdir Gil. Sistema de monitoramento automatizado. Revista Univap, v. 22, n. 40, p. 131-131, 2016. https://doi.org/10.18066/revistaunivap.v22i40.482.

[14] GRZONKA, Daniel et al. Using a multi-agent system and artificial intelligence for monitoring and improving the cloud performance and security. Future generation computer systems, v. 86, p. 1106-1117, 2018. https://doi.org/10.1016/j.future.2017.05.046.

[15] JADHAV, Sandeep; IMRAN, Ahmed; HAQUE, Marjia. Application of six sigma and the system thinking approach in COVID-19 operation management: a case study of the victorian aged care response centre (VACRC) in Australia. Operations Management Research, v. 16, n. 1, p. 531-553, 2023. https://doi.org/10.1007/s12063-022-00323-2.

[16] LE BRAS, Ronan J. et al. The Hunga Tonga–Hunga Ha'apai Eruption of 15 January 2022: Observations on the International Monitoring System (IMS) hydroacoustic stations and synergy with seismic and infrasound sensors. Seismological Society of America, v. 94, n. 2A, p. 578-588, 2023. https://doi.org/10.1785/0220220240.

[17] LIN, Menglong et al. When architecture meets AI: A deep reinforcement learning approach for system of systems design. Advanced Engineering Informatics, v. 56, p. 101965, 2023. https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.101965.

[18] LOPES, Yona et al. Smart grid e IEC 61850: Novos desafios em redes e telecomunicações para o sistema elétrico. Anais do XXX Simpósio Brasileiro de Telecomunicações, Brasília, 13 a 16 de setembro de 2012.

[19] OLIVEIRA, Victor Hugo Mazon de; SERRA, Sheyla Mara Baptista. Controle de obras por RFID: sistema de monitoramento e controle para equipamentos de segurança no canteiro de obras. Ambiente construído, v. 17, n. 4, p. 61-77, 2017. http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000400185.

[20] RÊGO, Márlison de Sá. Desenvolvimento e validação de sistemas de monitoramento de baixo custo de temperatura e umidade relativa do ar. 2016. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

[21] SANTOS, Francisco Sérgio et al. Monitoramento on line de um sistema de microgeração fotovoltaica através do protocolo SNMP. Energia na Agricultura, v. 32, n. 2, p. 164-170, 2017. https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2017v32n2p164-170.

[22] SINGH, Sanjay; SHANKER, Rama. Development of a robust structural health monitoring system: a wireless sensor network approach. Asian Journal of Civil Engineering, v. 24, n. 4, p. 1129-1137, 2023. https://doi.org/10.1007/s42107-022-00537-6.

[23] SOUZA, Raiane Viana; GOULART, Aline da Mota; PILLAT, Valdir Gil. Sistema de monitoramento automatizado. Revista Univap, v. 22, n. 40, p. 131-131, 2016. https://doi.org/10.18066/revistaunivap.v22i40.482.

[24] SWINYARD, Adam. Organizational monitoring systems and student academic achievement. 2015. 136 f. Tese (Doutorado em Education). Seattle Pacific University, Seattle, 2015.

[25] TIAN, Jinzhao et al. Dissipative structure analysis based on the brusselator model: China's railway green construction system. Process Integration and Optimization for Sustainability, p. 1-16, 2023. https://doi.org/10.1007/s41660-023-00309-y.

[26] TRETER, Marcos E. et al. Desenvolvimento de um sistema de automação residencial de baixo custo com acesso remoto via web. In: Anais do XX Congresso Brasileiro de Automática, CBA. Belo Horizonte, 20 a 24 de setembro de 2014.

[27] XIE, Fan et al. Preliminary results on a near-real-time rock slope damage monitoring system based on relative velocity changes following the September 5, 2022 MS 6.8 Luding, China earthquake. Earthquake Research Advances, v. 3, n. 1, p. 100202, 2023. https://doi.org/10.1016/j.eqrea.2022.100202.

[28] WU, Xiao et al. A remote-vision-based safety helmet and harness monitoring system based on attribute knowledge modeling. Remote Sensing, v. 15, n. 2, p. 347, 2023. https://doi.org/10.3390/rs15020347.

[29] YAN, Wei et al. Self-powered and wireless physiological monitoring system with integrated power supply and sensors. Nano Energy, p. 108203, 2023. https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2023.108203.

[30] ZULMI, Zefri. Cctv customer location data processing on webgis based a & s security system. International Journal of Mechanical Computational and Manufacturing Research, v. 11, n. 4, p. 168-174, 2023. https://doi.org/10.35335/computational.v11i4.80.

Capítulo 8

Um sistema para comunicação nas dependências de instituições usando NODEMCU

Nora Neyse Torres da Cunha,, Alyson de Jesus dos Santos, Vitor Bremgartner da Frota, Daniel Nascimento e Silva

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo apresentar a arquitetura de desenvolvimento de um sistema de comunicação para as dependências do Instituto Federal do Amazonas (IFAM), permitindo a troca de informações entre os servidores e alunos sem que haja a necessidade de os funcionários se deslocarem até as salas de aula, evitando atrasos e contratempos na passagem de comunicados. A comunicação é fundamental para a interação e diálogo entre as pessoas que fazem parte de uma organização, permitindo compartilhar conhecimentos e experiências. É notório que todos os dias surgem notícias ou informes a serem compartilhados, mas que, devido à dispersão dos alunos na instituição, se torna difícil definir o meio pelo qual os dados devam ser anunciados, de forma que todos o vejam simultaneamente. Além disso, muitas vezes há a necessidade de divulgação de avisos ou notícias de última hora que não são transmitidos e tornados públicos.

Atualmente, não existe no Instituto Federal do Amazonas um dispositivo que propicie esse tipo de comunicação como pretendido neste trabalho. Consequentemente, é necessária a criação de um sistema de baixo custo e embarcado para comunicação exclusiva do IFAM, entre alunos, servidores e professores, que supra a sua necessidade atual. Essa tecnologia tem o objetivo de tornar ágil, planejada e eficaz a troca de informações entre os membros da instituição. A falta deste sistema nos ambientes escolares enfatiza a sua pesquisa e o desenvolvimento, para que proporcione a melhoria contínua nos processos de comunicação, ao mesmo tempo em que garanta transparência comunicacional da gestão para com os técnicos, alunos e professores.

Serão utilizados como materiais para o desenvolvimento do sistema de comunicação o microcontrolador ESP8266 embarcado à plataforma de hardware NodeMCU, como utilizado nos estudos de Gaikwad et al. (2023), Ladino-Moreno, García-Ubaque e Zamudio-Hertas (2023), Aziz e Zahra (2023) e Melvi et al. (2023), que é responsável pelo recebimento do arquivo em JSON, que faz interpretações exibindo uma string (texto) em uma matriz de LED, como feito no estudo de Silva Filho, Bento e Santos (2019). Este microcontrolador é comumente utilizado e tem a capacidade de receber códigos através do WiFi, sendo adequado para o projeto porque é utilizado na rede local do IFAM para o envio de mensagens. Portando, com um produto de baixo custo, facilidade de uso e confiabilidade nas respostas, espera-se que ajude a Instituição na troca de avisos em toda a sua dependência, incluindo laboratórios, salas de aulas e bibliotecas, dentre outros lugares demandantes.

2. VALIDAÇÃO DE INFORMAÇÕES: ARQUITETURA TEÓRICA

O conceito de validação de informações é fundamental para o funcionamento do mundo há muito tempo. Mesmo antes do surgimento de qualquer tipo de comunicação eletrônica, quando as pessoas trocavam cartas para se falar a distância, ter certeza da identidade de quem estava enviando a carta já era um problema real e importante. E a evolução nos meios de comunicação e de troca de informações só tornaram esse problema mais complexo, como se pode constatar a partir dos estudos de Bayer, Anderson e Tokunaga (2022), Liu (2022) e Buongiorno (2022).

Dessa maneira, as soluções para o problema de validação de identidade também foram se sofisticando junto com a evolução das redes de comunicação, complexidade que se pode perceber nos estudos de He et al. (2023), Sanchita et al. (2023) e Pereira, Gonçalves e Magalhães (2023). Com as cartas, o problema era de fácil solução: uma autoridade central (os correios, ou qualquer serviço similar) informam a quem está recebendo a comunicação a identidade do remetente (o nome e o endereço da pessoa). Se o nome ou o endereço não forem reconhecidos, a mensagem pode ser desconsiderada.

A validação de informações é como um objeto, algo conceitual ou físico para o qual converge o pensamento ou uma ação, como se pode deduzir a partir dos estudos de Rathee e Singh (2021), Datta, Sinha e Bseiffs (2023) e Yang, Liu e Ding (2022). Ela traz a ideia de que validar uma informação é convergir os dados para que se chegue a uma constatação lógica de que os fatos apresentados são reais para posteriores análises em um estudo em questão e sua transformação em informação. Há diversas formas de se construir e propagar informações. Dentre elas pode ser destacada a selfie, que é uma fotografia tirada de si mesmo, muito utilizada para registrar em redes sociais determinado momento e localização. Esse tipo de compartilhamento demonstra a grande aptidão contemporânea por criar informações e carregar a internet com uma grande massa de dados.

É fundamental, portanto, que se estabeleçam estratégias que garantam dados precisos desde o início, mantendo uma rotina de auditoria. Também são necessários processos assertivos de coleta e manutenção, visto que é impossível garantir que os dados estejam sempre atualizados sem fazer o seu processo de validação. Afinal, dados ruins podem levar a atividades de negócios ineficazes e destruir seus resultados financeiros.

Confiabilidade é um atributo da validação da informação no mundo dos negócios (SARIKOZ; AKCAYOL, 2023; GARCÍA et al., 2023; DAS et al., 2023), principalmente porque afeta o processo de tomada de decisão. Saber analisar os dados da forma correta também é essencial. As pesquisas de mercado são ótimas chances de descobrir mais sobre os clientes e usuários, testar novos produtos, lançar e validar ideias importantes sobre o negócio. No campo empresarial, portanto, a validação da informação está vinculada decisivamente com o grau de rastreabilidade e transparência (AGRAWAL et al., 2023), constitui um sistema de freios e contrapesos que tornam mais efetivo o processo de controle (HANISCH et al., 2023) e garante a padronização dos sistemas de produção (CZVETKÓ; ABONYI, 2023), dentre outros benefícios que a validação da informação traz e que são compatíveis com o estágio atual dos ambientes de negócios (AL KHALAILEH, 2023)

Segundo o estudo de Arquam, Singh e Sharma (2021), a validação de informações pode ser vista como uma credibilidade. O que está por trás dessa concepção é o fato de que quando um dado em internet das coisas é validado dentro de um contexto com escopo bem definido, as análises que podem ser feitas com base nele e tendem a passar mais

confiança para embasar outros estudos semelhantes. Para este estudo, a concepção que vai ser utilizada é a validação da informação como um sistema, entendido como um conjunto de entradas interconectadas que são transformadas em produtos ou saídas devido às suas convergências para a realização de uma determinada missão (ROSSI; PERES, 2023; LINZALONE; AMMIRATO; FELICETTI, 2023; HINKELMAN; YANG; ZUO, 2023; TRYFONAS et al., 2022).

A internet das coisas é um sistema (KISHORE et al., 2023; AJENG; MARSANI, 2023; TASNEEM; SHAREEF; ASIM, 2022). A internet das coisas ou IoT (da sigla em inglês) é um sistema que tem como finalidade conectar equipamentos eletrônicos na internet, para a troca de informações, controle, ou até mesmo a substituição de seres humanos em determinadas atividades (XIE et al., 2022; SABELYEVA; TATARNIKOVA, 2022; MORAITI et al., 2022; VAISSHALLI; GUPTA, 2022). Esse conceito de IoT vem crescendo com o passar dos anos e diversas aplicações podem ser associadas a esse assunto, como, por exemplo, supervisão artificial, automação residencial, carros inteligentes, wearables, entre outros. Segundo o estudo de Deidmar, Sobreira e Lima (2017), essa evolução tecnológica gera a união de um mundo real ao imaginário e faz com que se estabeleça a comunicação entre pessoas e objetos.

A IoT viabiliza soluções em diferentes cenários, como aplicações na área da saúde (REJEB et al., 2023; ALSHAMMARI, 2023), transporte (RANI; SHARMA, 2023; SOY, 2023), monitoramento de tráfego (DEEPIKA et al., 2023; CHU; SAI; LI, 2023), agronegócios (SARANYA et al., 2023; ZENG et al., 2023) e indústria 4.0 (TYAGI et al., 2023; ABDULAZIZ et al., 2023), dentre outras. Certamente, a tendência é aumentar o uso para outras áreas devido ao seu potencial de aplicação. Segundo o estudo de Santos et al. (2016), a internet das coisas, em poucas palavras, nada mais é que uma extensão da Internet atual. Ela proporciona aos que objetos do dia a dia (quaisquer que sejam) se conectem à internet, mas com capacidade computacional e de comunicação. Essa conexão possibilita o controle de variáveis e, consequentemente, ações de objetos ou atuadores que se conectam sem a necessidade da interferência humana. Eles cooperam nas atividades do dia a dia, como, por exemplo, ligar/desligar automaticamente ar-condicionado, televisões, geladeiras e outros projetos desenvolvidos para tal, bem como na obtenção de dados desses dispositivos em tempo real. Essas habilidades geram inúmeras possibilidades, tanto no âmbito acadêmico quanto no ramo industrial e residencial. Segundo Leite, Martins e Ursini (2017), a IoT realiza uma nova transformação digital, conectando dispositivos, incrementando valores de negócios, redefinindo organizações e gerando redes de comunicações.

De modo geral, a comunicação é fator determinante no convívio social entre as pessoas, que estabelecem diálogos para a troca de informações, seja por meio da internet e e-mails, seja através de mensagens, cartas ou ligações. Há por trás disso tudo um ramo de tecnologias usadas que torna isso possível, que são WiFi, Bluetooth, IEEE, NFC e RFID. Essas tecnologias ampliaram a capacidade dos seres humanos de observar, transmitir e compartilhar conteúdo. Segundo o estudo de Santos, Gomes e Duarte (2016), o espaço virtual vem demonstrando ser um importante dispositivo para o processo de disponibilização das informações, um veículo rápido e acessível para o provimento de respostas.

A IoT foi a tecnologia escolhida para este projeto porque garante rapidez e eficiência no que se refere ao tempo de resposta, eliminando o uso de terceiros, como o e-mail ou WhatsApp. Isso é devido ao fato de que nem todos os professores estão disponíveis 24 horas por dia para responder as mensagens, visto que estão, na maior

parte do tempo dedicado ao trabalho, dentro das salas de aula. Da mesma forma, nem todos os alunos possuem o número pessoal dos docentes ou servidores para tirar dúvidas ou receber comunicados.

Os comunicados variam de acordo com as necessidades e prioridades do dia a dia. Podem ser informativos institucionais, comunicados de última hora, reclamações, chamadas internas para programas, acontecimentos, divulgação de bolsas e outras informações relevantes. Não ter um planejamento bem definido na propagação de notícias e comunicados pode acarretar insatisfação, ausência de conteúdo, falta de audiência, desinformação e perda de tempo, uma vez que os comunicados internos são importantes dentro de qualquer organização. Segundo o estudo de Barros e Matos (2015), para garantir o êxito da comunicação, é necessário que o fluxo desta comunicação ocorra de maneira planejada. Segundo o estudo de Leite, Martins e Ursini (2017), a IoT selecionou diversas tecnologias padronizadas e já utilizadas internacionalmente. Assim, muito dos novos ambientes IoT são parecidos com os atuais existentes na internet residencial e empresarial. A IoT nunca pretendeu reinventar a roda. A maioria das tecnologias que utiliza é por rádio e sem fio (Radio Access Technologies), ou seja, utiliza os padrões IEEE 802.11, IEEE 802.15 e IEEE 802.16 por questões de flexibilidade e alcance.

Ao conectar objetos com diferentes recursos a uma rede, potencializa-se o surgimento de novas aplicações. Neste sentido, conectar esses objetos à internet significa criar a internet das coisas. Na IoT, os objetos podem prover comunicação entre usuários e dispositivos. Com isto emerge uma nova gama de aplicações, tais como coleta de dados de pacientes e monitoramento de idosos, sensoriamento de ambientes de difícil acesso e inóspitos, entre outras (SUNDMAEKER et al., 2010).

A arquitetura a ser utilizada por este trabalho tem como finalidade ser validadora dos registros de informações relacionadas aos dispositivos de comunicação utilizando tecnologia IoT. A demora na transmissão de comunicados verbalmente e conteúdos distorcidos foram os fatores de motivação para a realização deste trabalho, uma vez que o tempo é um elemento significativo quando se trata de divulgar uma mesma mensagem simultaneamente para várias pessoas. Além disso, o IFAM é composto por mais de 20 salas de aulas, divididas em cursos superiores de tecnologia e engenharia, cursos de nível médio subsequente, integrado e EJA, cursos de pós-graduação em nível de especialização e salas de laboratórios.

Para o desenvolvimento da página web, algumas linguagens destacadas são PHP, HTML, SQL, CSS através do editor de texto Sublime Text. Para realizar a interação do usuário com o servidor, a proposta é compor a web com quatro páginas: index, cadastro, dispositivos e principal. Dessa forma o funcionário terá login e senha para entrar no ambiente de digitação, além de escolher a sala que deseja enviar as mensagens. Isso significa que ele poderá escolher o dispositivo nomeado por números e, por fim, a tela principal, em que haverá um espaço limitado de até 50 palavras, visando a ser claro e objetivo na transmissão de avisos.

O Servidor é um software que mantém uma porta de comunicação aberta à espera do cliente. Sua localização é pelo seu endereço ou nome, que devem ser conhecidos por todos os clientes que querem ter acesso. Um servidor pode receber muitas solicitações simultâneas de clientes. Por este motivo, normalmente são executadas por sistemas distribuídos de alto desempenho.

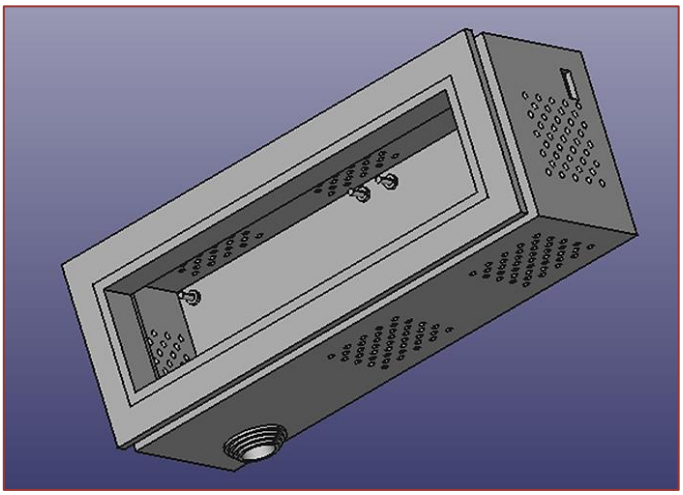
Tabela 1. Componentes do sistema de validação de informações

Autores	Componentes	
Torres-Ventura; Ruelas-Puente; Herrera-García (2022)	ESP8266	Servidor
Peixoto (2021)	ESP8266	Servidor
Villanueva; Rojas; Rojo (2023)	ESP8266	Banco de dados

Fonte: dados coletados pelos autores.

Com base no levantamento de dados observado na tabela 1 para este trabalho, foi definido que para desenvolver um sistema de comunicação utilizando a tecnologia IoT, os componentes básicos são um servidor ESP8266 e banco de dados para processar as informações. O cliente é um software ou processo, normalmente acionado por um usuário. Por este motivo é comum possuir uma interface gráfica amigável exibida em forma de web. Essas informações são advindas de um microcontrolador ESP8266, que tem a capacidade de computar enquanto o usuário, ao acessar a página gerada pelo servidor, escreverá a mensagem que deseja enviar. E assim será transmitida via rede WiFi.

Figura 1. Modelagem do dispositivo



Fonte: elaborado pelo autor.

O projeto tem como objetivo transmitir informações destinadas aos estudantes ou professores, através de uma página *web* para um dispositivo exibidor de mensagens, baseado no conceito de Internet das coisas. Pretende, deste modo, prevenir a perda de conteúdo e a desinformação dentro da instituição. Este dispositivo será instalado nas salas de aula do campus. A modelagem do dispositivo que exibirá as mensagens em tempo real, é ilustrado na Figura 1. O espaço disponível que há dentro da caixa é reservado para o acoplamento de todo o circuito elétrico, bem como as matrizes de led posicionadas em cima, para que fique fácil de visualizar.

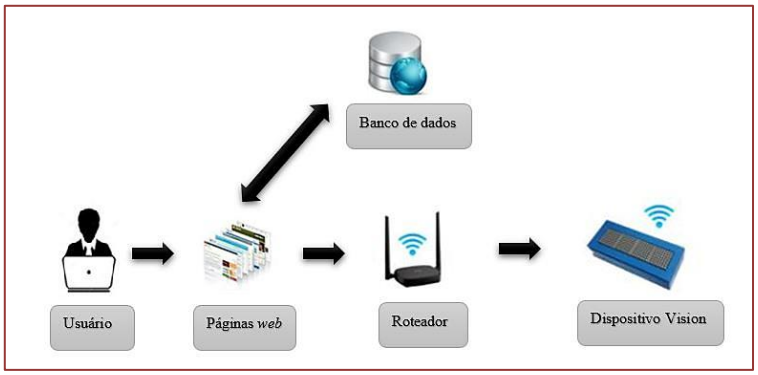
3. ARQUITETURA METODOLÓGICA

Este projeto procurou identificar todos os componentes da estrutura e os dados dos processos que contribuem para alcançar o seu objetivo de criar uma tecnologia comunicacional válida para um ambiente institucional de ciência e tecnologia. O processo de avaliação sobre a rotina e meios de comunicação dentro da Instituição validada na experiência e relatos de estudantes ali presentes diariamente, bem como na opinião dos funcionários que trabalham ativamente nessa área. Dessa forma, foram estudadas estruturas de layouts que sejam de fácil usabilidade para os usuários acessar a web, bem como aprender a utilizar as ferramentas de comunicação. Aqui, os principais aspectos do protótipo, materiais e métodos serão apresentados.

3.1. ESTRUTURA ANALÍTICA DA TECNOLOGIA

A estrutura do sistema descrito no objetivo geral foca a rapidez e transparência do fluxo de informações que deve ser transmitido entre gestores, alunos e professores durante os horários normais de aula. A tecnologia a ser criada colaborará com o setor administrativo do campus na utilização de métodos atuais e tecnológicos de comunicação. A Figura 1 apresenta a estrutura analítica do sistema que se pretende criar.

Figura 2. Estrutura analítica da tecnologia



Fonte: elaborado pelos autores.

O projeto vai dispor de um servidor web e um banco de dados no software XAMPP. O servidor web faz cadastros e consultas de informações do banco de dados através de instruções SQL na linguagem PHP. As requisições realizadas entre a página web e os dispositivos acontecem por meio de requisições HTTP enviadas através do navegador web utilizando o protocolo GET. Esta é uma ferramenta que envia informações pelo método de adição de dados no campo URL da página. Para a conexão entre servidor e dispositivos de exibição de mensagens, é necessário o emprego de um roteador para criação de uma rede local, que realizará a transmissão dos dados via rede WiFi local.

Figura 3. Protótipo de acesso da página web.

Fonte: elaborado pelos autores.

Nesta página introdutória o usuário poderá efetuar o login no sistema, inserir seu nome e senha. Ocorrerá, dessa forma, a validação dos dados inseridos, principalmente se for um servidor da instituição. Após o login, terá outras páginas de comunicação a serem desenvolvidas. A figura 3 ilustra o processo de acesso.

3.2. MATERIAIS

Esp8266: o microcontrolador ESP8266 é composto por um sistema de comunicação WiFi próprio, sendo este o seu grande diferencial no mercado. É utilizado para produzir sistemas embarcados, e possui diversas vantagens quanto à praticidade, custo e aplicação. Devido a esses fatores, é amplamente utilizado em projetos de IoT.

NodeMCU: a plataforma NodeMCU é uma placa produzida para facilitar o desenvolvimento de aplicações ou projetos integrada ao módulo ESP-12E. Possui custo baixo, tamanho reduzido, e facilidade de uso. O uso dessa plataforma abrange áreas residenciais, monitoramentos, rede de sensores e localização. Sua grande vantagem é que funciona como se fosse um Arduino.

Módulo RTC DS3231: o módulo RTC (do inglês, *Real Time Clock,* que traduzido para o português significa *Relógio em tempo real*) é um componente pequeno e compacto, fabricado para que os terminais entrem e saiam com facilidade nos protoboards e placas. É compatível com diversos microcontroladores. O RTC tem a capacidade de fornecer informações completas que compreendem datas e horas. Uma das vantagens desse módulo é ter acoplado uma bateria de lítio em casos de falta de energia, visando a preservar os dados do componente.

Matriz de LED: o tipo da matriz é o modelo Max7219, que é um componente da eletrônica ideal para disseminar informações, composto por diodos emissores de luz (LED). Essa matriz é constantemente utilizada em letreiro de lojas, relógios digitais e sinais de trânsito, dentre outros usos, com base na iluminação temática de LED. A escolha da matriz para o projeto se deu devido às suas características importantes, que possibilitam mostrar informações e, principalmente, chamar a atenção, devido à cor intensa das letras.

3.3. MÉTODOS

Para a validação do projeto, a metodologia de desenvolvimento foi definida em seis partes: Projeto eletrônico, Programação da NodeMCU, Criação do banco de dados, Páginas *web*, Projeto mecânico e Operação do sistema.

a) Projeto eletrônico: para a montagem do projeto eletrônico deve ser realizada uma pesquisa do total de componentes essenciais que auxiliarão no funcionamento do circuito com o objetivo de desempenhar as funções estabelecidas de todo o sistema. Dentre os listados até o momento estão placa de CI, resistores, chave interruptora, módulo RTC, buzzer e matriz nodeMCU.

b) Programação da NodeMCU: a programação da placa NodeMCU é classificada em duas fases: configurações iniciais e linhas de comando em loop. A primeira fase tem relação na declaração de variáveis, importação de bibliotecas e configuração da rede *WiFi.* A segunda fase é relacionada à programação que está localizada na área de execução do código em loop, que ocorre sempre que o dispositivo estiver ligado. Dessa forma, os comandos presentes na função loop () estão diretamente ligados ao acionamento do Buzzer, visualização da hora utilizando o RTC e envio das mensagens para a matriz de leds.

c) Criação do banco de dados: a parte de criação de dados envolve a utilização do software Xampp, para que seja possível transformar o computador em um servidor.

d) Páginas web: a geração da interface web é baseada na linguagem de programação PHP, linguagem de front-end CSS, linguagem de banco de dados SQL e a linguagem de marcação HTML, sendo esta uma das principais propriedades do projeto, pois é utilizada na construção de páginas web. Desse modo, quando houver uma nova escrita de palavras na página desenvolvida, ela poderá ser visualizada pelos indivíduos presentes nas salas de aula.

e) Projeto mecânico: com a finalidade de tornar o dispositivo visível, preservado, com uma boa aparência e com as placas do circuito protegido, será usado a impressora 3D do modelo *Cloner DH+* para imprimir a peça em formato de caixa, desenvolvido especificadamente para este projeto.

f) Operação do sistema: este tópico trata as etapas do processo de usabilidade do dispositivo para uma correta instalação e funcionamento dele.

AGRADECIMENTOS

Este artigo é o resultado do projeto de PD&I ARANOUÁ, realizado pelo Instituto Federal do Amazonas (IFAM) em parceria com a Samsung Eletrônica da Amazônia Ltda., usando recursos da Lei Federal nº 8.387/1991, estando sua divulgação e publicidade em conformidade com o previsto no artigo 39.º do Decreto nº 10.521/2020.

REFERÊNCIAS

[1] ABDULAZIZ, Qusay Adnan et al. Developing an IoT framework for industry 4.0 in Malaysian SMEs: an analysis of current status, practices, and challenges. Applied Sciences, v. 13, n. 6, p. 3658, 2023. https://doi.org/10.3390/app13063658.

[2] AGRAWAL, Tarun Kumar et al. Demonstration of a blockchain-based framework using smart contracts for supply chain collaboration. International journal of production research, v. 61, n. 5, p. 1497-1516, 2023. https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2039413.

[3] AJENG, Nova Jelita Desilia; MARSASI, Endy Gunanto. IoT-based integrated marketing communication in closing quality agent marketing program. Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis, p. 198-208, 2023. https://doi.org/10.37034/infeb.v5i1.229.

[4] AL KHALAILEH, Lana. The extent of legal validity of electronic negotiable commercial instruments in the Jordanian legislation. Journal of Southwest Jiaotong University, v. 58, n. 1, 2023. https://doi.org/10.35741/issn.0258-2724.58.1.64.

[5] ALSHAMMARI, Hamoud H. The internet of things healthcare monitoring system based on MQTT protocol. Alexandria Engineering Journal, v. 69, p. 275-287, 2023. https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.01.065.

[6] ARQUAM, M. D.; SINGH, Anurag; SHARMA, Rajesh. A blockchain-based secured and trusted framework for information propagation on online social networks. Social Network Analysis and Mining, v. 11, n. 1, p. 1-16, 2021. https://doi.org/10.1007/s13278-021-00754-y.

[7] AZIZ, Abdul; ZAHRA, Amalia. prototype design of landfill gas pipe leak monitoring system based on microcontroller Node MCU ESP8266 with the internet of things method. International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering, v. 11, n. 2, p. 133-147, 2023.

[8] BARROS, Daiane Monique Lima de; MATOS, Nailton Santos de. A importância da comunicação organizacional interna e dos feedbacks gerenciais. Revista de administração, v. 13, n. 23, p. 3-20, 2015.

[9] BAYER, Joseph B.; ANDERSON, Ian A.; TOKUNAGA, Robert S. Building and breaking social media habits. Current Opinion in Psychology, v. 45, n. 6, p. 101303, 2022. https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2022.101303.

[10] BUONGIORNO, Federica. Beyond efficiency: comparing Andrew Feenberg's and Byung-Chul Han's philosophy of technology. In: CRESSMAN, Darryl. (Ed.). The Necessity of Critique: Andrew Feenberg and the Philosophy of Technology. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 181-197.

[11] CHU, Yongling; SAI, Yanyan; LI, Shaochun. Design and implementation of intelligent traffic monitoring system based on iot and big data analysis. In: XU, Zheng et al. (Eds.). Cyber Security Intelligence and Analytics: The 5th International Conference on Cyber Security Intelligence and Analytics (CSIA 2023). Cham: Springer Nature Switzerland, 2023, v. 2, p. 400-410.

[12] CZVETKÓ, Tímea; ABONYI, János. Data sharing in Industry 4.0: AutomationML, B2MML and international data spaces-based solutions. Journal of Industrial Information Integration, v. 33, p. 100438, 2023. https://doi.org/10.1016/j.jii.2023.100438.

[13] DAS, Debashis et al. Security, trust, and privacy management framework in cyber-physical systems using blockchain. In: 2023 IEEE 20th Consumer Communications & Networking Conference (CCNC). IEEE, 2023. p. 1-6. 10.1109/CCNC51644.2023.10060483.

[14] DATTA, Sreemana; SINHA, Ditipriya. BSEIFFS: Blockchain-secured edge-intelligent forest fire surveillance. Future Generation Computer Systems, In press, 2023. https://doi.org/10.1016/j.future.2023.04.015.

[15] DEEPIKA, Kothagundla et al. Cloud IoT model for smart traffic monitoring and detection using tinkercad. In: 2023 International Conference on Sustainable Computing and Data Communication Systems (ICSCDS). IEEE, 2023. p. 1397-1403. https://doi.org/10.1109/ICSCDS56580.2023.10104813.

[16] DEIDMAR, Gabriel Lima Caitano; SOBREIRA, D. S.; LIMA, W. D. Internet das coisas na Educação. Revista Tecnologias em Projeção, v. 8, n. 2, p. 68, 2017.

[17] GAIKWAD, Vijay et al. Self-regulated robotic illuminant using NodeMcu (ESP8266). In: 2023 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI). IEEE, 2023. p. 1-4. https://doi.org/10.1109/ESCI56872.2023.10099620.

[18] GARCIA, Christopher et al. Supporting humanitarian crisis decision making with reliable intelligence derived from social media using AI. Journal of Homeland Security and Emergency Management, n. 0, 2023. https://doi.org/10.1515/jhsem-2021-0042.

[19] HANISCH, Marvin et al. Digital governance: A conceptual framework and research agenda. Journal of Business Research, v. 162, n. 7, p. 113777, 2023. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113777.

[20] HE, Changyang et al. Seeking love and companionship through streaming: unpacking livestreamer-moderated senior matchmaking in China. In: Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. 2023. p. 1-18. https://doi.org/10.1145/3544548.3581195.

[21] HINKELMAN, Kathryn; YANG, Yizhi; ZUO, Wangda. Design methodologies and engineering applications for ecosystem biomimicry: An interdisciplinary review spanning cyber, physical, and cyber-physical systems. Bioinspiration & Biomimetics, 2023. https://doi.org/10.1088/1748-3190/acb520.

[22] KISHORE, D. V. Sai et al. Cloud controlled home safety and management solution for equipment automation via internet. In: 2023 7th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC). IEEE, 2023. p. 39-44. https://doi.org/10.1109/ICCMC56507.2023.10083657,

[23] LADINO-MORENO, Edgar Orlando; GARCÍA-UBAQUE, César Augusto; ZAMUDIO-HUERTAS, Eduardo. Transient dynamic weather isolines generated via IoT temperature and relative humidity analysis using the NodeMCU ESP8266 in Bogotá. Ingeniería, v. 28, 2023. https://doi.org/10.14483/23448393.19667.

[24] LEITE, J. R. Emiliano; MARTINS, Paulo S.; URSINI, Edson L. A internet das coisas (IoT): tecnologias e aplicações. 2017 Brazilian Technology Symposium, School of Technology, University of Campinas (UNICAMP), 5th to 7th December 2017.

[25] LINZALONE, Roberto; AMMIRATO, Salvatore; FELICETTI, Alberto Michele. An exploration of the causal structure underlying crowdfunding: theoretical findings and practical implications. European Journal of Innovation Management, v. 26, n. 7, p. 127-159, 2023. http://doi.org/10.1108/EJIM-03-2022-0149.

[26] LIU, Fangyuan. The fan culture and fan economy. In: 2022 8th International Conference on Humanities and Social Science Research (ICHSSR 2022). Atlantis Press, 2022. p. 767-772. https://doi.org/10.2991/assehr.k.220504.140.

[27] MORAITI, Ioanna et al. IoT in special education. Technium Soc. Sci. J., v. 30, p. 55, 2022.

[28] MELVI, Melvi et al. Rancang Bangun sistem monitoring ketinggian muka air laut menggunakan arduino pro mini dan NodeMCU ESP8266. Jurnal Teknologi Riset Terapan, v. 1, n. 1, p. 25-35, 2023. https://doi.org/10.35912/jatra.v1i1.1794.

[29] PEIXOTO, João Alvarez. ESP8266 e NODEMCU: do pisca led à internet das coisas. Porto Alegre: UERGS, 2021.

[30] PEREIRA, Rui Humberto; GONÇALVES, Maria José; MAGALHÃES, Marta Alexandra Guerra. Reputation systems: a framework for attacks and frauds classification. Journal of Information Systems Engineering and Management, v. 8, n. 1, 2023. https://doi.org/10.55267/iadt.07.12830.

[31] RANI, Preeti; SHARMA, Rohit. Intelligent transportation system for internet of vehicles based vehicular networks for smart cities. Computers and Electrical Engineering, v. 105, n. 1, p. 108543, 2023. https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.108543.

[32] RATHEE, Tripti; SINGH, Parvinder. Secure data sharing using Merkle hash digest based blockchain identity management. Peer-to-Peer Networking and Applications, v. 14, p. 3851-3864, 2021. https://doi.org/10.1007/s12083-021-01212-4.

[33] REJEB, Abderahman et al. The internet of things (IoT) in healthcare: Taking stock and moving forward. Internet of Things, v. 22, n. 7, p. 100721, 2023. https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100721.

[34] ROSSI, Giuseppe; PERES, David J. Climatic and other global changes as current challenges in improving water systems management: lessons from the case of Italy. Water Resources Management, p. 1-16, 2023. https://doi.org/10.1007/s11269-023-03424-0.

[35] SANCHITA, T. et al. AI-powered mobility educational application for enhancing student learning. In: 2023 International Conference on Intelligent Data Communication Technologies and Internet of Things (IDCIoT). IEEE, 2023. p. 925-930. https://doi.org/10.1109/IDCIoT56793.2023.10053423.

[36] SANTOS, Bruno P. et al. Internet das coisas: da teoria à prática. Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, v. 31, p. 16, 2016.

[37] SANTOS, Raquel do Rosário; GOMES, Henriette Ferreira; DUARTE, Emeida Nóbrega. Processo dialógico entre bibliotecários e usuários: reflexão em torno da utilização dos dispositivos de comunicação da web social. Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação, v. 21, n. 45, p. 115-129, jan./abr. 2016. https://doi.org/10.5007/1518-2924.2016v21n45p115

[38] SARANYA, T. et al. A comparative study of deep learning and internet of things for precision agriculture. Engineering Applications of Artificial Intelligence, v. 122, p. 106034, 2023. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106034,

[39] SARIKOZ, Serdar Kürşat; AKCAYOL, Muhammet Ali. Examining knowledge extraction processes from heterogeneous data sources. Journal of Brilliant Engineering, v. 1, p. 4798, 2023.

[40] SAVELYEVA, D. D.; TATARNIKOVA, T. M. Internet of things traffic consumption control system. In: 2022 Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems (WECONF). IEEE, 2022. p. 1-5. https://doi.org/10.1109/WECONF55058.2022.9803422.

[41] SILVA FILHO, José Cícero da; BENTO, Marcos Vinicius Silva; SANTOS, Dheiver Francisco. Uso do microcontrolador ESP8266 para acionamento de diodo emissor de luz (LED), utilizando banco de dados do google (realtimebase database). Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas, v. 5, n. 2, p. 185-185, 2019. http://orcid.org/0000-0003-1816-2051.

[42] SOY, Hakki. Edge AI-based crowd counting application for public transport stops. In: KAVITHA, T. et al. (Eds.). Convergence of Deep Learning and Internet of Things: Computing and Technology. Hershey, USA: IGI Global, 2023. p. 182-205.

[43] SUNDMAEKER, Harald et al. Vision and challenges for realising the Internet of Things. Cluster of European research projects on the internet of things, European Commision, v. 3, n. 3, p. 34-36, 2010.

[44] TASNEEM, D. Wasiha; SHAREEF, C. Ishaq; ASIM, Md. A short review on effects of the internet of things on academics. Mathematical Statistician and Engineering Applications, v. 71, n. 1, p. 149-154, 2022.

[45] TORRES VENTURA, J.; RUELAS PUENTE, A. H.; HERRERA GARCÍA, J. R. Interoperability performance between Rasperry pi and ESP8266 with PLC in a node-RED server for IIoT. Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología, n. 29, p. 90-97, 2023. https://doi.org/10.17163/ings.n29.2023.08.

[46] TYAGI, Amit Kumar et al. Blockchain—internet of things applications: opportunities and challenges for industry 4.0 and society 5.0. Sensors, v. 23, n. 2, p. 947, 2023. https://doi.org/10.3390/s23020947.

[47] TRYFONAS, Theo et al. Causal loop mapping of emerging energy systems in project twinergy: towards consumer engagement with group model building. In: Proceedings of the 15th International Conference on PErvasive Technologies Related to Assistive Environments. 2022. p. 254-259. https://doi.org/10.1145/3529190.3534763

[48] VAISSHALLI, G. R.; GUPTA, Apar. Role of Technology & Importance in Tracking Healthcare Services. Asian Journal of Applied Science and Technology (AJAST), v. 6, n. 1, p. 24-27, 2022. http://doi.org/10.38177/ajast.2022.6104.

[49] VILLANUEVA, Jason Alanya; ROJAS, Xiomara Huaman; ROJO, Carlos Coaquira. Development of an movil IoT system using ESP8266 for the detection of pollutants in the environment. In: 2023 IEEE 13th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC). IEEE, 2023. p. 0801-0805. https://doi.org/10.1109/CCWC57344.2023.10099076.

[50] XIE, Yonghui et al. Application of internet of things technology in mechanical automation control. Journal of Sensors, v. 2022, 2022. https://doi.org/10.1155/2022/9388942.

[51] YANG, Changsong; LIU, Yueling; DING, Yong. Efficient data transfer supporting provable data deletion for secure cloud storage. Soft Computing, v. 26, n. 14, p. 6463-6479, 2022. https://doi.org/10.1007/s00500-022-07116-6.

[52] ZENG, Hui et al. An IoT and Blockchain-based approach for the smart water management system in agriculture. Expert Systems, v. 40, n. 4, p. e12892, 2023. https://doi.org/10.1111/exsy.12892.

Capítulo 9

Rede de câmeras sem fio para monitoramento de áreas rurais totalmente desconectadas

Paulino Junior Silva Costa,, Alyson de Jesus dos Santos, Vitor Bremgartner da Frota, Daniel Nascimento e Silva

1. INTRODUÇÃO

Sistemas de monitoramento baseado em imagens, também conhecidos como circuito fechado de TV (CFTV), são utilizados principalmente como circuitos de segurança interna ou externa nas áreas urbanas. Esse tipo de dispositivo evoluiu bastante nos últimos anos devido ao avanço tecnológico, mas pouco foi feito em relação às áreas rurais, principalmente para as áreas totalmente desconectadas, ou seja, sem energia elétrica e sem qualquer tipo de conectividade de dados. Tais áreas são pouco exploradas em termos de soluções científicas. As ferramentas e dispositivos para videomonitoramento atualmente disponíveis no mercado não foram projetados para essas áreas, principalmente porque se baseiam em câmeras IP (Internet Protocol). Essa tecnológica exige a presença de uma infraestrutura de rede de Internet interna ou externa para seu funcionamento. Muitas vezes utiliza câmeras comuns analógicas, com tensão de alimentação na faixa de 12 a 24 volts, além de um componente caro e dedicado para o armazenamento das imagens, o DVR (Digital Video Recorder).

Um problema encontrado pelo proprietário ao tentar adaptar um sistema de monitoramento da área urbana na área rural é o alto investimento, principalmente na etapa de fornecimento de energia elétrica e conectividade de dados. Além dessa, ainda há a dificuldade em encontrar empresa ou profissional capacitado em fornecer este tipo de serviço para essas áreas. Portanto, este trabalho busca responder a seguinte questão de pesquisa: Quais são os procedimentos para a construção de um sistema de monitoramento de imagens de uma área rural sem energia elétrica e sem Internet utilizando um sistema de baixo custo?

Neste sentido, este estudo tem como objetivo criar um sistema de monitoramento de imagens de uma área rural sem energia elétrica e sem Internet utilizando um sistema de baixo custo. O contexto do estudo é o monitoramento de imagens através de um sistema embarcado, no campo de internet das coisas (IoT), aplicado a áreas rurais totalmente desconectadas. O contexto ambiental do estudo é aquele em que fatores do meio físico, como árvores, barreiras e montanhas e fatores climáticos, como temperatura, alta umidade, ventos etc., podem influenciar na transmissão de imagens, como é o caso, por exemplo, por meio de uma rede Wifi. Da mesma forma, este projeto considera fortemente as limitações de fontes de energia.

Especificamente, a meta é a criação de uma rede de câmeras sem fio de baixo custo e baixo consumo de energia, que interage com o usuário através de um aplicativo web, hospedado em cada "nó câmera" presente na rede. O usuário acessa o sistema através de qualquer nó, que contém as imagens armazenadas em seu próprio módulo e nas outras câmeras vizinhas, possibilitando até mesmo fazer vídeo em tempo real. O que motivou a criação dessa tecnologia foi o fato de as áreas rurais serem muito grandes. Ter um sistema

que possibilite visualizar o que acontece em vários locais da propriedade traz mais segurança para o produtor, além de poder servir como ferramenta de apoio às atividades agropecuária. Pode-se observar, por exemplo, o momento exato para o corte do capim para os animais, saber se houve invasão de animais em áreas de cultivo protegido, monitorar situação de estradas em tempos chuvosos e muitos outros benefícios ao ambiente rural.

A contribuição que se pretende dar está na possibilidade de gerar imagens de uma área remota, mesmo sem energia elétrica, pois o sistema embarcado a ser desenvolvido será alimentado por um micropainel solar de 6V por 100mA e bateria de 1000mA. Isso garante autonomia para o circuito com capacidade de manter o sistema em funcionamento por pelo menos oito horas por dia.

2. SISTEMA DE MONITORAMENTO: ARQUITETURA TEÓRICA

A revisão da literatura procurou identificar quais são as principais abordagens científicas dos sistemas de monitoramento e descrever as suas principais características. As abordagens foram identificadas através dos termos de equivalência, que são a primeira parte das estruturas conceituais. Os atributos são os complementos dos termos que os fazem equivalentes ao conceito que se quer conhecer. Neste sentido, o termo de equivalência mais frequente referente a sistema de monitoramento apontado pela revisão da literatura foi sistema (GRZONSKA et al., 2018; SARADE; JADHAV; BHAMBURE, 2015; AMIR et al., 2016; JEYAKUMAR; NIRMALA; NITHYA, 2022). O estudo de Rockenbach, Silva e Mello (2018) dá o exemplo de um sistema eletrônico de comunicação, que permite o monitoramento remoto e o acompanhamento em tempo real de uma determinada realidade. O estudo feito por Mamseri (2012) utilizou o termo como exemplo de um sistema de observação para que os gerentes de projeto verifiquem se as atividades de um projeto estão acontecendo de acordo com o planejado e se os meios são usados de maneira correta e eficiente para atingir a meta. Para esses dois autores, sistema de monitoramento pode ser definido como um conjunto integrado de componentes que se relacionam para realizar um objetivo de acompanhamento do funcionamento de alguma coisa.

Diversos outros termos encontrados apareceram uma única vez, tais como descrição (SWINYARD, 2015), estrutura (KYRIAKOPOULOS, 2013), dispositivo (CRISTALDI, 2014), elemento (SULASNO; SALEH; SAVITRI, 2021), instrumentos (SERPA, 2021), reunião (SANTOS, 2018) e conjunto (CRISTALDI, 2014). A ideia de descrição é decorrente do fato de que os sistemas de monitoramento descrevem, através de diferentes recursos, como imagens, a realidade que estão monitorando. Estrutura, por sua vez, é o esquema representativo, como uma estrutura analítica de um produto, de todos os componentes e partes de um objeto. Os dispositivos são artefatos físicos com os quais se realizam atividades ou se obtêm dados e informações para a solução de determinado problema. A noção dos sistemas de monitoramento como elemento é relativo ao fato de que eles fazem parte de algo ainda maior, como o processo de tomada de decisão que precisa dos dados e informações que esses sistemas produzem e compartilham. Enquanto instrumentos, representam a segurança, com base em evidências, de que informações qualificadas são geradas para retroalimentar dados e informações geradas pelo sistema. É importante alinhavar que, enquanto ferramenta, o sistema de monitoramento serve para controlar e gerenciar infraestrutura de hardware e software, como mostra o estudo de Grzonka (2018); enquanto dispositivo, é capaz de observar todas as entradas e estados de um sistema, como descrito no estudo de Stein e Park (1988).

Por reunião, a literatura entende o agrupamento elementos, componentes, objetos que interagem e formando partes, componentes e mecanismo que, por sua vez, permitem a observação de um determinado ambiente. Esse conceito possui o mesmo significado de sistema, conforme se pode constatar nos estudos de Rockenbach (2018) e Mamseri (2012). A noção de conjunto apresentada no estudo de Cristaldi (2014) representa a reunião de dispositivos, procedimentos e ferramentas de diagnóstico para verificar o desempenho de cada etapa de um processo de monitoramento. A análise dos dados e informações geradas por esse conjunto permite compreender que um sistema de monitoramento pode ser tudo aquilo que possui um dispositivo ou conjunto de dispositivos. Os sistemas de monitoramento são desenvolvidos com o intuito de acompanhar o funcionamento de um sistema maior, alimentando-o e retroalimentando-o constantemente para que desempenhe a sua missão com eficácia.

Conhecidas as suas diversas abordagens científicas, vejamos, agora, quais são as características dos sistemas de monitoramento. Todo sistema de monitoramento observa alguma coisa, naturalmente. Essa observação é no sentido de acompanhar o funcionamento de algum processo ou até mesmo outro sistema. O atributo principal de um sistema de monitoramento é a observação, conforme os estudos de Stein e Park (1988), Mamseri (2012) e Santos (2018). Essa característica de observar é feita principalmente através das entradas e estados de um sistema, como se pode constatar a partir dos estudos de Li et al. (2023), Schirmer et al. (2023), Liu et al. (2023) e Han, Wang e Sun (2023). Sistema também é um atributo dos sistemas de monitoramento, segundo os estudos de Rockenbach (2018) e Stein e Park (2018), com o sentido de que faz referência ao que se está monitorando, podendo ser um sistema fotovoltaico, conforme o exemplo apresentado por Rockenbach (2018).

Outro atributo citado com frequência foi dispositivo (CRISTALDI, 2014; SULASNO; SALEH; SAVITRI, 2021; RAY et al., 2023; JEYAKUMAR; NIRMALA; NITHY, 2022). Um dispositivo é tudo aquilo que um sistema de monitoramento deve orientar, direcionar ou informar, principalmente em caso de falhas de funcionamento. Por essa razão, os dispositivos também utilizam outros dispositivos específicos para fazer o diagnóstico dos sistemas que estão sendo observados.

Outro atributo encontrado na revisão da literatura foi processo (SERPA, 2020; CRISTALDI, 2014; CRISTALDI, 2014; SWINYARD, 2015). Processo é um sequenciamento de etapas racionalmente definidas com a intenção premeditada de cumprir determinada missão, alcançar determinado objetivo ou produzir um produto específico. Por isso é comum que se diga que um processo é algo que um sistema executa, podendo ser um cálculo ou a coleta de um dado específico, que é aquilo que será observado pelo sistema de monitoramento.

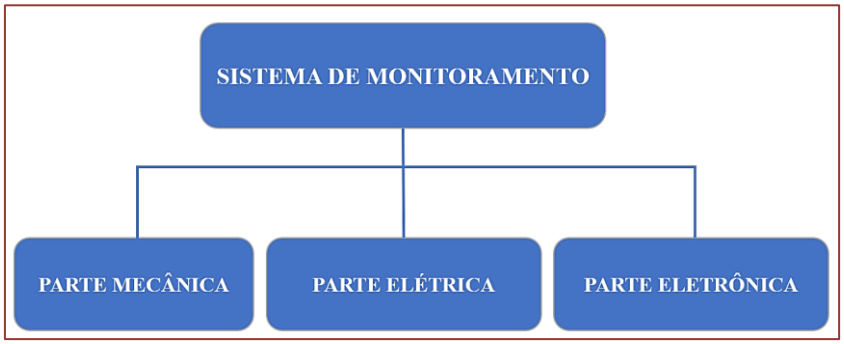
Para este trabalho, o atributo que mais representa os sistemas de monitoramento é observação porque é a sua responsabilidade principal e que faz com que possa ter conhecimento e reconhecimento daquilo que precisa ser monitorado. Todos esses atributos são indispensáveis na formulação do conceito de sistema de monitoramento devido, principalmente, ao fato de que a observação seria o primeiro passo na tarefa de monitorar algo. Noutras palavras, o monitoramento é uma primeira etapa de um processo mais amplo, que prossegue com a análise de forma mais aprofundada do que está acontecendo com o sistema, dispositivo ou até mesmo pessoa que está sendo monitorada.

Neste sentido, para este estudo, sistema de monitoramento é o processo de observar ou acompanhar, por meio de algum dispositivo eletrônico, se as atividades de

um determinado sistema estão ou não sendo executadas conforme o planejado. Um sistema de monitoramento é muito importante porque permite a análise e eventual identificação de falhas, deixando a intervenção humana apenas para análise dos dados monitorados para posterior tomada de decisão, em busca da correção de falhas que o sistema venha a apresentar e que comprometa a validade dos dados e informações que gera ao longo de seu processo de monitoramento.

O sistema de monitoramento que se pretende construir é baseado nos termos de equivalência e atributos encontrados na literatura e que foram sintetizados na figura 1. A parte mecânica representa o dispositivo físico presente no sistema de monitoramento, incluindo o gabinete onde ele está instalado. Contudo, também pode ser algum sistema atuador que recebe alguma informação da parte eletrônica e controla alguma coisa. A parte elétrica diz respeito à alimentação de energia elétrica de todos os blocos que compõem o sistema de monitoramento. A parte eletrônica é responsável pelo controle dos sinais de monitoramento, tais como a parte que se comunica com um sensor, por exemplo, e que contém todos os componentes eletrônicos necessários para o funcionamento do monitoramento. Normalmente, esses componentes são arranjados em uma placa eletrônica.

Figura 1. Componentes do sistema de monitoramento



Fonte: elaborado pelos autores.

Já estão disponíveis vários estudos similares à arquitetura teórica desta proposta de geração de tecnologia. Por essa razão, elencaram alguns estudos mais específicos, com foco centrado no monitoramento de áreas rurais. A finalidade é que se perceba que nossa proposta difere dos demais estudos realizados em relação ao custo, economia de energia e por ser compacto. Além disso, apresenta como principal aspecto de inovação as câmeras digitais com interface paralela, que são mais modernas e de fácil comunicação com os microcontroladores, e ainda permitem a alimentação através de módulos solares de baixa tensão e baixo consumo de energia.

O estudo de Wang et al (2020), reforça o diferencial deste trabalho em relação à falta de soluções e ferramentas de monitoramento dedicadas às áreas rurais. Mesmo com o rápido desenvolvimento da tecnologia da Internet das Coisas (IoT), ainda faltam métodos práticos de monitoramento sem fio que possam ser implementados diretamente em áreas rurais com infraestrutura pouco desenvolvida ou seja sem conectividade e energia. O sistema proposto pelos autores é destinado ao monitoramento de carga elétrica sem fio de campo distante, que aproveita a tecnologia de radiofrequência (RF). A principal vantagem do sistema é a comunicação, que pode ser de um ponto a multiponto (saltos) e

multicanal, o que possibilita ampliar as distâncias de monitoramento. Nosso trabalho também utiliza a mesma ideia, com as câmeras fazendo múltiplos saltos, de forma a vencer as grandes distâncias encontradas nas áreas rurais. O hardware desenvolvido no estudo sob referência é baseado na plataforma Arduino e possui como diferencial um equipamento reserva com o intuito de garantir o funcionamento do sistema em caso de falhas do hardware principal. Isso favorece o adequado desempenho do sistema, porém aumenta o custo final. Nosso trabalho desenvolverá um hardware específico para o projeto, tendo, assim, melhor distribuição do custo, pois só serão inseridos na placa os componentes que realmente serão usados no projeto, diferentemente de se utilizar uma placa completa do Arduino com componentes externos que não serão utilizados. Isso reduz sobremaneira o custo final do hardware.

O estudo de Ullo e Sinha (2020) destaca que nos últimos anos o monitoramento de ambientes se transformou em um sistema de monitoramento de ambiente inteligente SEM (do inglês “smart environment monitoring”). Com base nisso, fizeram um estudo crítico sobre os sistemas SEM aplicados em diversas áreas, que envolveram desde a qualidade do ar até áreas agrícolas. Analisaram também como cada sistema foi aplicado, quais sensores foram utilizados, quais técnicas de aprendizagem de máquina foram utilizados e quais foram os métodos classificatórios. Os autores conduziram seus estudos com o objetivo de verificar o quanto os avanços na tecnologia de sensores e na área de internet das coisas, juntamente com a aprendizagem de máquina, contribuíram para a criação de verdadeiros sistemas de monitoramento inteligente SEM. O resultado de cada estudo foi mostrado em uma tabela que apresenta a área estudada, o dispositivo ou método utilizado e o modelo de classificação inteligente com seu grau de precisão.

No nosso trabalho, inicialmente, não será utilizada nenhuma técnica de aprendizagem de máquina específica devido às limitações de velocidade do processador escolhido. Mas será utilizado um algoritmo inteligente capaz de computar os pixels das imagens geradas pelas câmeras para determinar se houve mudança de quadro entre a imagem atual e a imagem anterior. Isso servirá para evitar que a mesma imagem seja salva mais de uma vez no cartão de memória, o que irá proporcionar um longo período de armazenamento das imagens.

Kajol et al. (2018) desenvolveram um sistema de monitoramento inteligente utilizando tecnologia IoT, computação em nuvem e processamento de imagens como uma resposta às técnicas tradicionais de lavouras, que utilizam defensivos no controle de pragas que afetam o meio ambiente. Para isso, criaram um modelo chamado sistema automatizado de monitoramento e análise de campos agrícolas (AAFAMS, do inglês “automated agricultural field analysis and monitoring system”), que consiste em um sistema composto por um robô, do tipo seguidor de linha, que monitora o nível de umidade do solo a cada 100 metros percorridos, coleta as informações e as envia para a nuvem. E, com o auxílio de uma câmera, também faz a coleta de imagens. Após um ciclo completo do robô na propriedade, o sistema coleta os dados da nuvem e os processa, gerando um relatório que informa ao agricultor as condições do solo e a detecção de pragas, através de processamento de imagens. O sistema analisa as folhas das culturas, sugere ao agricultor qual o pesticida mais adequado para combater a praga e se ele precisa ou não irrigar o solo. No nosso trabalho o sistema também é alimentado através de painéis solares e bateria, o que é mais adequado, devido às dificuldades de fontes de energia convencionais nessas áreas.

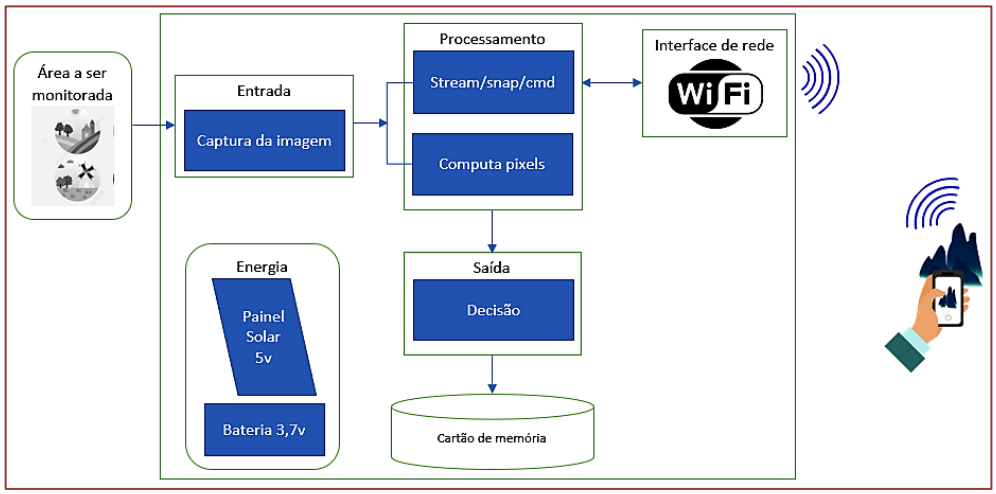
3. ARQUITETURA MEDOTOLÓGICA

A arquitetura metodológica aqui descrita leva em consideração a área onde será instalado o módulo de câmera. Essa área representa e deve conter tudo aquilo que se deseja monitorar dentro do ambiente rural. Por outro lado, essa área também precisa ser bem planejada para que a etapa de interface de rede não fique prejudicada na sua linha de visada. O desafio é permitir que as imagens possam ser compartilhadas entre cada nó sem a interferência de algum obstáculo do meio físico. Além disso, essa mesma área deve prover iluminação solar para possibilitar o fornecimento de energia ao módulo.

3.1. ESTRUTURA ANALÍTICA DA TECNOLOGIA

A estrutura analítica desta tecnologia é baseada nas etapas de execução de um sistema de monitoramento. Conforme a classificação do método científico-tecnológico, a estrutura é baseada nos delineamentos processuais (NASCIMENTO-E-SILVA, 2020; 2021a; 2021b; 2021c), onde são destacadas as etapas que serão seguidas para a materialização da tecnologia desejada. No nosso trabalho, consiste na criação de um sistema embarcado, como mostrado na figura 1, com a descrição de cada módulo feita em seguida. Vale ressaltar que a figura 1 apresenta apenas um nó de câmera. Isso significa que vários módulos desse irão compor a rede de câmeras proposta.

Figura 1. Estrutura analítica da tecnologia



Fonte: elaborado pelos autores.

Etapa de Entrada

As imagens da área a ser monitorada serão capturadas na frequência máxima da câmera, para evitar a perda de eventos. Nenhum processamento será feito nesta etapa além da captura da imagem em buffers, na memória do microcontrolador, que posteriormente será acessada pela etapa de Processamento. Nesta primeira versão serão utilizadas câmeras paralelas de 8 bits, tensão de 3.3V, baixo consumo de energia e resolução de 2 Megapixels, o que dá uma qualidade razoável para um sistema de baixo custo.

Etapa de Processamento

A imagem capturada deverá ser processada conforme a configuração atual do sistema, podendo estar em um dos dois modos que são:

(i) modo normal: é o modo onde o sistema captura as imagens continuamente e as processa através do bloco *computa pixels*, para saber se houve mudança de cena. O resultado é então encaminhado para a etapa de Saída, que decide se descarta ou armazena a nova imagem capturada; e

(ii) modo *stream*: modo em que os frames capturados são imediatamente enviados para um usuário conectado. Devido às limitações da plataforma, enquanto estiverem nesse modo as imagens capturadas não serão armazenadas no cartão de memória do módulo, mas poderão ser armazenadas na etapa de visualização final através da interface web no celular do usuário.

Etapa de Saída

Após a análise dos pixels, o resultado será comparado de forma a se determinar se houve ou não mudança de cena. A finalidade é descobrir se a imagem atual capturada é diferente da anterior, como uma forma de evitar o armazenamento de imagens repetidas. Algoritmos inteligentes podem ser utilizados para uma filtragem de eventos, como ventos ou variação de luz e contraste, que podem ser confundidos como uma imagem diferente da anterior.

Etapa de Armazenamento

As imagens capturadas, após serem validadas pela etapa de Saída, serão armazenadas na unidade de armazenamento local, em um cartão de memória. A imagem deve ser registrada juntamente com os seus atributos de data e hora da criação, com o objetivo não apenas de registrar onde o evento ocorreu, mas também de possibilitar o conhecimento e reconhecimento de quando tal evento ocorreu.

Etapa de Infraestrutura

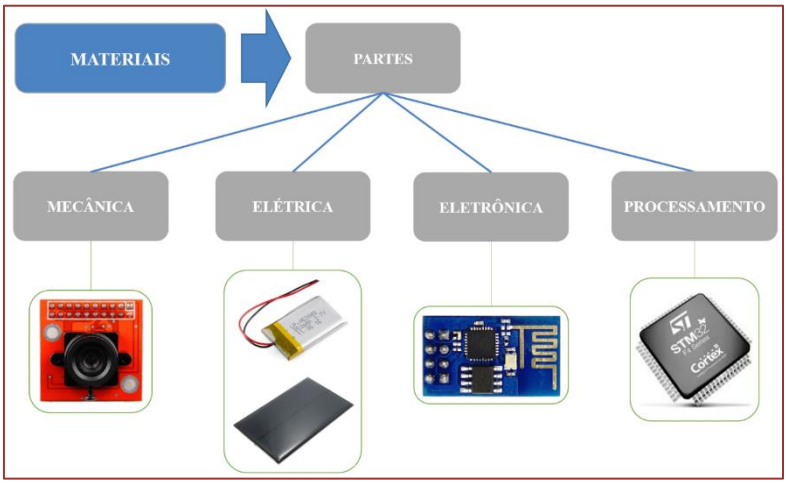
Interface de rede: é um dos blocos principais e consiste em um módulo Wifi que serve como interface entre a câmera e o usuário. Possui seu próprio processador, um Esp8266 que se comunica com o processador da câmera (ARM), através do periférico UART, transmitindo os comandos do usuário para a câmera e recebendo a imagem para transmissão pela rede.

Energia: esta é a parte elétrica do sistema de monitoramento. Este módulo é responsável por toda alimentação do circuito de hardware, além de prover a recarga da bateria de Lithium de 3.7V, através de um ou mais módulos de micropainéis solares de 5V, e fazer a regulagem da fonte, de forma a garantir a tensão nominal de 3.3V para todo o circuito.

3.2. MATERIAIS E MÉTODOS

De forma gráfica, são apresentados na figura 2 todos os materiais e componentes utilizados no sistema de monitoramento proposto.

Figura 2. Materiais a serem utilizados na geração da tecnologia



Fonte: dados coletados pelos autores.

A ausência de uma rede de energia elétrica e de uma rede de comunicação de dados na propriedade são os principais problemas que precisam ser resolvidos durante a fase de desenvolvimento da solução. Para esta etapa, um pequeno experimento deve ser montado de forma a validar os cálculos de consumo da câmera e de autonomia da bateria escolhida. Caso não atinja um resultado satisfatório, os cálculos do tamanho do painel solar e capacidade da bateria deverão ser refeitos.

A próxima etapa é um estudo sobre arquitetura de redes Wifi, de modo a se descobrir qual a mais adequada para a solução. Esse estudo deve levar em conta as possíveis interferências do meio rural, conforme citadas anteriormente. Ainda nessa etapa deve ser feita a escolha do módulo Wifi, o que deve recair sobre a família Esp8266 ou Esp32. Ao final desta etapa, o experimento da etapa anterior deve ser repetido, agora adicionando o módulo Wifi no circuito e reavaliando a autonomia da bateria.

Com os sistemas de alimentação e rede definidos, o próximo passo será a escolha do processador central que irá controlar todo o circuito. A escolha mais indicada é de um microcontrolador, ao invés de um processador DSP (Digital Signal Processor) dedicado. Isso se dá devido ao baixo custo e pelo fato de existir no mercado atual microcontroladores com periféricos específicos para aplicações multimídia, como é o caso os da família STM32.

Com o processador definido, começa o desenvolvimento do firmware. Isso será feito utilizando softwares gratuitos fornecidos pelo próprio fabricante do chip e as bibliotecas para comunicação com a câmera e o módulo Wifi. Esses recursos poderão ser adquiridos em comunidades de software livre ou desenvolvidas especificamente para o projeto. Para validar a programação de cada módulo, um pequeno protótipo de hardware deverá ser montado, utilizando um kit de desenvolvimento, protoboards e fios.

Um último elemento a ser produzido é o aplicativo mobile. Ele irá se comunicar com o hardware da solução através da rede Wifi para a obtenção das imagens das câmeras. Além disso, deve permitir a configuração de alguns parâmetros, tais como ajuste de brilho, contraste etc. Após essas etapas, um protótipo estará pronto para os primeiros experimentos na área rural, para que sejam realizados os primeiros testes, retestes e mapeamento das possíveis falhas, para posterior correção, como prevê o método científico-tecnológico (NASCIMENTO-E-SILVA, 2020; 2021a; 2021b; 2021c).

AGRADECIMENTOS

Este artigo é o resultado do projeto de PD&I ARANOUÁ, realizado pelo Instituto Federal do Amazonas (IFAM) em parceria com a Samsung Eletrônica da Amazônia Ltda., usando recursos da Lei Federal nº 8.387/1991, estando sua divulgação e publicidade em conformidade com o previsto no artigo 39.º do Decreto nº 10.521/2020.

REFERÊNCIAS

[1] AMIR, Nur Syamimi et al. Chicken farm monitoring system. In: 2016 International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE). IEEE, 2016. p. 132-137. https://doi.org/10.1109/ICCCE.2016.39.

[2] CRISTALDI, Loredana et al. A genetic algorithm for fault identification in electrical drives: a comparison with neuro-fuzzy computation. In: Proceedings of the 21st IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference (IEEE Cat. No. 04CH37510). IEEE, 2004. p. 1454-1459. https://doi.org/10.1109/IMTC.2004.1351341.

[3] GRZONKA, Daniel et al. Using a multi-agent system and artificial intelligence for monitoring and improving the cloud performance and security. Future generation computer systems, v. 86, p. 1106-1117, 2018. https://doi.org/10.1016/j.future.2017.05.046.

[4] HAN, Jiangyi; WANG, Fan; SUN, Chenxi. Trajectory tracking control of a manipulator based on an adaptive neuro-fuzzy inference system. Applied Sciences, v. 13, n. 2, p. 1046, 2023. https://doi.org/10.3390/app13021046.

[5] JEYAKUMAR, Vijay; NIRMALA, K.; NITHYA, R. A smart virtual vision system for health monitoring. In: BALAS, Valentina Emilia; GEMAN, Oana. (Eds.). Biomedical engineering applications for people with disabilities and the elderly in the COVID-19 pandemic and beyond. London: Academic Press, 2022. p. 347-360.

[6] KAJOL, R. et al. Automated agricultural field analysis and monitoring system using IOT. International Journal of Information Engineering and Electronic Business, v. 12, n. 2, p. 17, 2018. https://doi.org/10.5815/ijieeb.2018.02.03.

[7] KYRIAKOPOULOS, N. Environmental monitoring: architecture of a global model. In: HIPEL, Keith W. (Ed.). Stochastic and statistical methods in hydrology and environmental engineering: effective environmental management for sustainable development. Waterlow, Canada: Springer, 1993, v. 4.

[8] LI, Yupeng et al. False alarm reduction in drilling process monitoring using virtual sample generation and qualitative trend analysis. Control Engineering Practice, v. 133, p. 105457, 2023. https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2023.105457.

[9] LIU, Guo-Ping. Tracking control of multi-agent systems using a networked predictive PID tracking scheme. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, v. 10, n. 1, p. 216-225, 2023. https://doi.org/10.1109/JAS.2023.123030.

[10] MAMSERI, Redempta Alex. The nursing process as a means of improving patient care. 2012. 174 f. Dissertação (Mestrado em Health Studies). University of South Africa, Pretoria, 2012.

[11] MINVIELLE, Ludovic. Classification d'événements à partir de capteurs sols: application au suivi de personnes fragiles.. 2020. 163 f. Thèse (Doctorat en Mathématiques générales). Université Paris-Saclay, Saclay, France, 2020.

[12] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. Manual do método científico-tecnológico: edição sintética. Florianópolis: DNS Editor, 2020.

[13] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. Handbook os the scientific-methodological method: synthetic edition. Manaus: DNS Editor, 2021a.

[14] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. O método científico-tecnológico: fundamentos. Manaus: DNS Editor, 2021b.

[15] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. O método científico-tecnológico: questões de pesquisa. Manaus: DNS Editor, 2021c.

[16] RAY, Papia et al. Development of a smart wind monitoring system using arduino technology. In: KUMAR, Shailendra; SINGH, Bhim; SOOD, Vijay Kumar. (Eds.). Recent advances in power electronics and drives: Select Proceedings of EPREC 2022. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023. p. 221-229.

[17] ROCKENBACH, Gisela Cristina Dillmann; SILVA, Luan Leite da; MELLO, Thiago Alberto de. Proposta de geração híbrida eólico/solar on-grid no setor de avicultura na região de Dourados-MS. 2018. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

[18] SARADE, Shrenik Suresh; JADHAV, Nitish Anandrao; BHAMBURE, Mahesh D. Patient monitoring and alerting system by Using GSM. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), v. 2, n. 03, p. 2395-0056, 2015.

[19] SANTOS, Hugo Dionizio. Sistema de monitoramento de um robô adaptativo. 2018. 72 f. Monografia (Graduação em Ciência da Computação). Universidade Federal do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

[20] SCHIRMER, Sebastian et al. A hierarchy of monitoring properties for autonomous systems. In: AIAA SCITECH 2023 Forum. 2023. p. 2588. https://doi.org/10.2514/6.2023-2588.vid.

[21] SERPA, Selma Maria Hayakawa Cunha. Levantamento do tribunal de contas da união sobre os sistemas de monitoramento e avaliação da administração direta do poder executivo. Revista Brasileira de Avaliação, v. 2, p. 46-75, 2020. http://dx.doi.org/10.4322/rbma201102004.

[22] STEIN, J. L.; PARK, Y. Measurement signal selection and a simultaneous state and input observer. *J. Dyn. Sys. Meas. Control*., v. 110, n. 2, p. 151-159, jun. 1988. https://doi.org/10.1115/1.3152665.

[23] SULASNO, Sulasno; SALEH, Rakhmat; SAVITRI, Intan. Developing integrated smartphones notification of server resource monitoring system using Zabbix, Webhook, and Telegram. Juita: Jurnal Informatika, v. 9, n. 2, p. 191-199, 2021. https://doi.org/10.30595/juita.v9i2.10411.

[24] SWINYARD, Adam. Organizational monitoring systems and student academic achievement. 2015. 136 f. Tese (Doutorado em Education). Seattle Pacific University, Seattle, 2015.

[25] ULLO, Silvia Liberata; SINHA, G. R. Advances in smart environment monitoring systems using IoT and sensors. Sensors, v. 20, n. 11, p. 3113, 2020. https://doi.org/10.3390/s20113113.

[26] WANG, Xinlin et al. Low-cost far-field wireless electrical load monitoring system applied in an off-grid rural area of Tanzania. Sustainable Cities and Society, v. 59, p. 102209, 2020. https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102209.

Capítulo 10

Sistema de monitoramento de enchentes e inundações desenvolvida com tecnologia de IOT

Rafael Costa Velas,, Alyson de Jesus dos Santos, Vitor Bremgartner da Frota, Daniel Nascimento e Silva

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia está no cotidiano do ser humano. Telefones inteligentes, vestíveis, veículos autônomos e casas inteligentes são alguns exemplos dos mais diferentes setores e áreas onde a tecnologia se faz presente no nosso dia a dia. Quando integrados à rede mundial de dados, a internet, a aplicabilidade dessas "coisas" tecnológicas, se torna ainda mais abrangente. Ela tem seu uso não apenas como um dispositivo individual, pessoal ou para entretenimento e automação, mas também para prevenir emergências e catástrofes, como abalos sísmicos, terremotos enchentes etc. A tecnologia da internet das coisas traspassou a ideia de automação e acesso remoto de dispositivos ao permitir hoje que se venha a reconhecer e prevenir riscos e desastres antes que tais eventos ocorram.

Neste contexto, este estudo tem como objetivo desenvolver uma solução utilizando a tecnologia da internet das coisas a fim de alertar e prevenir a população residente nas áreas de riscos sobre enchentes. Essa aplicação ajudará na preservação do patrimônio e principalmente da vida dos moradores das localidades onde o sistema de monitoramento será implementado. Para o seu desenvolvimento, será utilizada a plataforma de prototipagem de código aberto, como a Arduino, que servirá como central de processamento. A esta plataforma serão adicionados sensores capazes de medir a temperatura, umidade do ar, nível de água de um rio ou igarapé ou até mesmo o alagamento de ruas. A estação também contará com um módulo comunicador GSM/GPRS responsável pelo download e upload dos dados a um servidor de broken MTQQ de internet das coisas ou aplicativo para smartphone, envio de alerta por SMS e uma buzina para a emissão de sinal sonoro.

2. SISTEMA DE MONITORAMENTO: ARQUITETURA TEÓRICA

Foi realizada uma revisão da literatura com o intuito de se saber qual é o estágio atual do conhecimento científico sobre os sistemas de monitoramento. Os resultados foram agrupados por proximidade semântica, dada a quantidade e variedade encontradas. Assim surgiram os agrupamentos medição e coleta como os mais frequentes, como se pode notar nos dados contidos na tabela 1. Medição é agrupamento composto por aferição, apontado no estudo de Imperador (2009), que o define como a avaliação periódica e sistemática com o objetivo de determinar a ocorrência de desvios em relação a uma norma esperada. Aferição também é encontrada nos estudos de Singh e Shanker (2023), Zhang et al. (2023) e Berger et al. (2023), dentre outros. O outro componente foi a medição propriamente dita, descrita nos estudos de Krueger et al. (2020) e Sousa (2020) como a documentação dos impactos resultantes de entidades, de acordo com a sua mudança ao longo do tempo e espaço. Medição também é um termo importante nos estudos de Silva et al. (2023), Sreenivasu et al. (2023) e Paithankar et al. (2023).

O agrupamento coleta foi originário da junção do termo coleção sistemática de dados sobre uma base espacial ou temporal, encontrado no estudo de Printes et al. (2000), que revela o caráter cronológico dos sistemas de monitoramento. O estudo de Reljić et al. (2023), por exemplo, trata com uma coleção de big data, o de Singh e Shanker (2023) tem o propósito de colecionar dados em tempo real e o de Mohammed et al. (2023) tentam dar conta de uma coleção de elementos que influenciam as variações das medidas ao longo do tempo. Já o termo coleta trata da sistemática de obtenção de informações sobre variáveis quantitativas ou qualitativas (indicadores) ao longo do tempo. A coleta visa a descobrir tendências no status da área e das atividades e processos de gerenciam (RANIERI et al., 2022). De fato, a coleta de dados em tempo real pode ser encontrada nos estudos de Zhang et al. (2023a), Xiao, Wang e Cao (2023) e Upadhye et al. (2023), dentre outros. A tabela 1 sintetiza os achados da revisão da literatura relativos aos termos de equivalência.

Tabela 1. Termos de equivalência de sistema de monitoramento

Autores	Resposta	Grupo Semântico
Imperador (2009)	Aferição	Medição
Krueger et al. (2020); Sousa (2020)	Medição	
Printes et al. (2000)	Coleção	Coleta
Ranieri et al. (2022)	Coleta	
Vieira; Studart (2009); Dias (2015); Reis et al. (2006)	Processo	Processo
Campos; Zeitoum; Salles-Filho (2012)	Acompanhamento	Acompanhamento
De Carvalho Junior et al. (2021)	Atividades	Atividades
Gomes (2021)	Estudo	Estudo

Fonte: Elaborado pelos autores.

O estudo de Vieira e Studart (2009) se refere a sistemas de monitoramento como um processo de obtenção de informações e de realização de medições sistemáticas, geralmente ao longo de um ciclo, com o propósito de poder analisar periodicamente as mudanças, tendências ou resultados. A concepção de sistemas de monitoramento como processo também pode ser encontrada nos estudos de Sesa e Mahmuddin (2021), Asha´Ari e Ibrahim (2022) e Irawam et al. (2021). O estudo de Dias (2015), por exemplo, descreve monitoramento como processo de coleta de dados de longo prazo, que tem por objetivo gerar informações sobre tendências e aspectos-chave do funcionamento de um determinado sistema. Os sistemas de monitoramento, de acordo com o estudo de Reis et al. (2006), também caracteriza um processo contínuo de avalição dos meios físicos, bióticos e antrópico de cada local com a finalidade avaliar os efeitos de medidas mitigadoras dos impactos de cada atividade. Também o estudo de Castro et al. (2012) considera o sistema de monitoramento como acompanhamento, isto é, uma atividade sistemática e reflexiva onde a sua prática resultará no aprimoramento do fenômeno em estudo. Esse fenômeno também é descrito como atividades em que uma organização realiza avaliações contínuas e as comunica acerca do bom funcionamento ou das falhas, de forma tempestiva, para que se tomem ações corretivas no controle interno dessa organização (CARVALHO JUNIOR et al., 2021). Finalmente, como descrito no estudo de Gomes (2021), um sistema de monitoramento é um estudo ou acompanhamento contínuo e sistemático da qualidade. Para esse estudo, o termo de equivalência medição será o que vai ser utilizado no processo de geração da tecnologia pretendo por ter sido o termo mais utilizado no levantamento bibliográfico, o que garante um certo grau de consenso e define adequadamente o que é sistemas de monitoramento. Estudos internacionais também

apresentam a ideia de acompanhamento, como é o caso de Jeong et tal. (2021), Biswas et al. (2023) e Mohammed et al. (2023).

Os atributos são características diferenciadoras de um fenômeno em relação ao outro porque delimitam o escopo conceitual que os termos de equivalência identificam. Por exemplo, uma mesa pode ser vista como um móvel (móvel é termo equivalente a mesa) que serve a) para fazer as refeições e b) realizar atividades profissionais, em que fazer refeições e realizar atividades são seus atributos diferenciadores. A revisão da literatura mostrou alguns atributos dos sistemas de monitoramento. Dentre os quais, avaliação foi o atributo mais frequente, encontrado nos estudos Rocha et al. (2020), Reis et al. (2006) e Imperador (2009). A literatura traz a ideia de que um sistema de monitoramento tem como objetivo a avaliação contínua de algo ou meio no intuito de obtenção de dados para tomada de alguma ação ou medidas corretivas, por exemplo. A avaliação como atributo fundamental dos sistemas de monitoramento também está presente nos estudos de Iversen et al. (2023), Singh e Shanker (2023) e Ahmad et al. (2023), dentre inúmeros outros.

Tabela 2. Termos de equivalência de sistema de monitoramento

Referências	Atributos	Grupos semânticos
Rocha, et al. (2020); Gomes (2021); Sousa (2020a)	Avaliação	Avaliação
Reis, et al (2006)	Avaliação de resultados; Avaliação dos meios antrópicos; Avaliação dos meios bióticos; Avalição dos meios físicos	
Imperador (2009); Carvalho Junior et al. (2021)	Avaliação periódica; Avaliação sistemática; Avaliações contínuas	
Rocha et al. (2020)	Medições	Medição
Sousa (2020a); Vieira; Studart (2009)	Medições sistemáticas	
Reis et al (2006)	Medidas mitigadoras	
Lima; Carvalho; Sousa Neto (2020)	Mensurações	
Ranieri et al. (2022); Vieira; Studart (2009); Dias (2015)	Informações	Informação
Rocha et al. (2020)	Informações imediatas	
Pieroni et al. (2015)	Variáveis	Variáveis
Ranieri et al. (2022)	Variáveis qualitativas (indicadores); Variáveis quantitativas	
Gomes (2021)	Acompanhamento	Acompanhamento
Lima; Carvalho; Sousa Neto (2020)	Acompanhamento sistemático	
Reis et al. (2006); Ranieri et al. (2022)	Atividade	Atividade

Fonte: Elaborado pelos autores

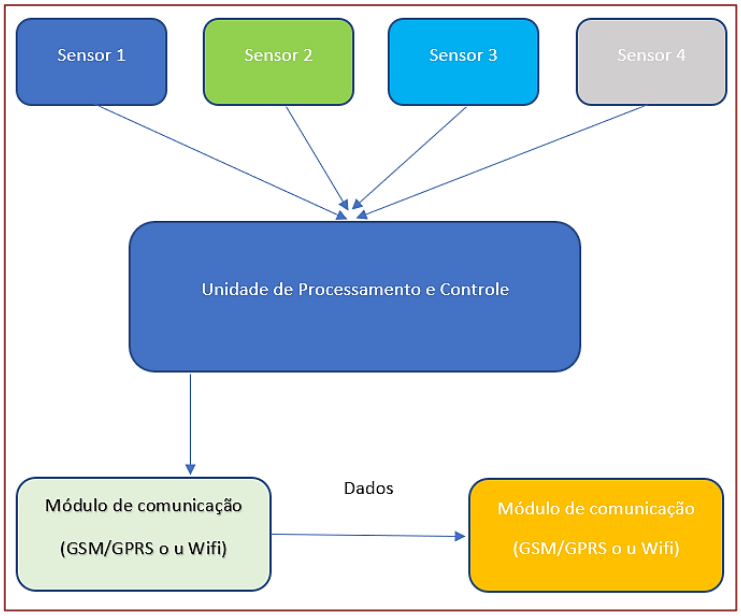
O segundo atributo mais comum no levantamento foi medição, encontrado nos estudos de Sousa (2020), Vieira e Studart (2009), Reis et al. (2006) e Lima, Carvalho e Sousa Neto (2020). Esse atributo explica que um sistema de monitoramento tem como objetivo a medição sistemática para observação do nível de qualidade esperado. Os estudos de Ranieri et al. (2022) e Rocha et al. (2020) consideram o monitoramento como um sistema utilizado para a obtenção de informações. Já o de Pieroni et al. (2015) atribui ao monitoramento a observância a um conjunto de variáveis com o objetivo de planejar e gerir projetos por meio destas mesmas variáveis. A partir dos estudos de Yan et al.

(2023), Jiao et al. (2023) e Chen et al. (2023), pode-se inferir que sem medição confiável não há a possibilidade de se ter avaliação consistente.

Outros dois atributos listados nos estudos de Lima, Carvalho e Sousa Neto (2020), Reis et al. (2006) e Ranieri et al. (2022) foram acompanhamento e atividade. Esses atributos caracterizam os sistemas de monitoramento porque eles existem para a mensuração de dados e o registro das atividades executadas, assim como o registro dos recursos empregados mediante o seu acompanhamento sistemático. Para este trabalho, sistema de monitoramento será tomada como um processo de avaliação da informação realizada através da medição e acompanhamento dos registros coletados das atividades monitoradas.

Com base nos termos de equivalência e atributos encontrados é possível a construção de uma arquitetura teórica passível de ser testada empiricamente. O modelo a ser desenvolvido consiste de um sistema eletrônico embarcado, composto por sensores, que permitirá a coleta dos dados de temperatura, umidade relativa do ar e nível de água de um rio, com a finalidade de prevenir a sua enchente ou inundações em um determinado perímetro urbano, que será o objeto de teste da tecnologia que se quer materializar. A figura 1 mostra a síntese da proposta.

Figura 2: Proposta de arquitetura do sistema de monitoramento



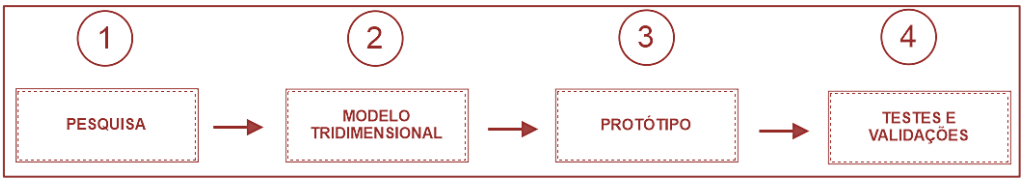
Fonte: Elaborado pelos autores

Um módulo de comunicação GSM-GPRS ou um módulo Wifi será responsável pela transmissão dos dados a uma plataforma MQTT IoT, onde serão armazenados e serão plotadas as informações obtidas pelos sensores. O sistema fará uso de lógicas computacionais, com cujos dados a serem medidos será possível processar resultados passíveis de modelar um cenário de alerta antecipadamente, antes que o sinistro ocorra. Toda a informação processada poderá ser acessada através da plataforma de dados MQTT IoT online, que armazenará os dados recolhidos na estação. Será uma solução de baixo custo em relação às soluções existentes.

3. ARQUITETURA METODOLÓGICA

A tecnologia pretendida será construída em quatro etapas distintas, configurando-se a sistemática processual, do método científico-tecnológico (NASCIMENTO-E-SILVA, 2020; 2021a; 2021b; 2021c). A primeira refere-se à pesquisa das tecnologias a serem utilizadas, sensores, equipamentos e aplicações. A segunda etapa será a modelagem tridimensional de um protótipo para podermos visualizar o projeto antes da sua implementação real, otimizando, assim, o tempo da sua montagem e a redução do custo. A terceira etapa implica na montagem do protótipo físico. A quarta etapa será a realização dos primeiros testes e retestes, ajustes e reajustes, para as validações dos dados gerados. A figura 2 sintetiza as etapas processuais de construção da tecnologia.

Figura 2: Etapas para a consolidação do projeto embarcado



Fonte: Fonte: Elaborado pelos autores

3.1. MATERIAIS

Arduino: este material pode ser dito como um pequeno computador programável de tipo *Open-Source* (código aberto) para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele. Trata-se de computação física, ou seja, uma simples plataforma de prototipagem eletrônica capaz de sentir o mundo ao seu redor, recebendo entradas de uma ampla gama de sensores e atuando neste mesmo ambiente por meio de atuadores.

Sensores: são pequenos dispositivos, com baixo consumo de energia, capazes de auto-organização, cooperação, processamento, comunicação e monitoramento de objetos, animais, condições meteorológicas e colônias. Esses sensores podem ser instalados estrategicamente e serem posicionados em locais inóspitos ao ser humano, provendo informações cruciais para a tomada de decisão ou para pesquisas científicas.

Shield GSPS/GSM: São dispositivos usados para estabelecer conexão entre o servidor web e o dispositivo de hardware. Ele permite que a placa Arduino envie e receba mensagens com valores de dados dos sensores para serem armazenados e analisados por um servidor IoT.

Protoloco MQTT (Plataforma IOT): é um protocolo de camada de aplicação que opera sobre o protocolo TCP na camada de transporte. Foi desenvolvido para ser aplicado em ambientes com redes e dispositivos restritos. O funcionamento desse protocolo é baseado em uma arquitetura de publicação/assinatura. O MQTT é descrito também como um protocolo para comunicação máquina-a-máquina, utilizado para telemetria, e se apresenta como um protocolo leve de mensagem.

3.2. MÉTODOS

Os métodos a serem aplicados na confecção da tecnologia estão organizados por etapas. O produto final é a integração dos subprodutos de cada etapa.

Etapa 1: Pesquisar conteúdos em livros, monografias, teses, artigos, publicações na Internet e fazer resumos para descrever o projeto proposto.

Etapa 2: Desenvolver um modelo tridimensional, utilizando o programa de modelagem SketchUp e fazer levantamento dos componentes a serem utilizados na construção de um protótipo.

Etapa 3: Montar o circuito de hardware integrado ao módulo de controle, a placa de comunicação e os sensores; desenvolver o código do sistema; e implementar a plataforma web ou aplicação IoT para acesso aos dados

Etapa 4: Realizar experimento em um ambiente de laboratório ou real para validação do projeto.

Os dados a serem visualizados através da plataforma IoT serão coletados através dos sensores que compõe a estação, as informações processadas pela arquitetura livre e os dados a serem transmitidos via internet através do módulo de comunicação.

AGRADECIMENTOS

Este artigo é o resultado do projeto de PD&I ARANOUÁ, realizado pelo Instituto Federal do Amazonas (IFAM) em parceria com a Samsung Eletrônica da Amazônia Ltda., usando recursos da Lei Federal nº 8.387/1991, estando sua divulgação e publicidade em conformidade com o previsto no artigo 39.º do Decreto nº 10.521/2020.

REFERÊNCIAS

[1] AHMAD, Bilal et al. Evaluation of smart greenhouse monitoring system using Raspberry-Pi microcontroller for the production of tomato crop. Journal of Applied Research in Plant Sciences, v. 4, n. 01, p. 452-458, 2023. https://doi.org/10.38211/joarps.2023.04.01.54.

[2] ALSHAMMARI, Hamoud H. The internet of things healthcare monitoring system based on MQTT protocol. Alexandria Engineering Journal, v. 69, p. 275-287, 2023. https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.01.065.

[3] ASHA'ARI, Muhammad Ilyas; IBRAHIM, Ahmad Imran. Wireless water quality monitoring system. In: 2022 IEEE 9th International Conference on Underwater System Technology: Theory and Applications (USYS). IEEE, 2022. p. 1-8. https://doi.org/10.1109/USYS56283.2022.10072669.

[4] BERGER, Guido S. et al. Cooperative heterogeneous robots for autonomous insects trap monitoring system in a precision agriculture scenario. Agriculture, v. 13, n. 2, p. 239, 2023. https://doi.org/10.3390/agriculture13020239.

[5] BISWAS, Kamanashis et al. A reliable vaccine tracking and monitoring system for health clinics using blockchain. Scientific Reports, v. 13, n. 1, p. 570, 2023. https://doi.org/10.1038/s41598-022-26029-w.

[6] CARVALHO JUNIOR, Carlos Fernandes Florêncio de et al. Práticas de controle interno em cooperativas de crédito: análise sob a ótica de presidentes, conselheiros de administração e auditores internos. Revista de Gestão e Organizações Cooperativas, v. 8, n. 15, p. 1-32, 2021. https://doi.org/10.5902/2359043242581.

[7] CASTRO, Paula F. D. de et al. Avaliação de programa de apoio à infraestrutura de ciência, tecnologia e inovação: o Equipamentos Multiusuários (EMU), da Fapesp. In: IV Seminário da Rede

Brasileira de Monitoramento e Avaliação 2012: artigos selecionados pelo Comitê Gestor, Rio de Janeiro: BNDES, 2012, p. 93-111.

[8] CHEN, Sitong et al. Spectrum characteristics and temperature measurement error of FBG sensor based on rotor temperature monitoring system. Optical Fiber Technology, v. 78, p. 103306, 2023. https://doi.org/10.1016/j.yofte.2023.103306.

[9] DIAS, A. C. E. Monitoramento participativo da pesca na comunidade de Tarituba, Paraty-RJ: conciliando conservação e pesca artesanal. 2015.188 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

[10] GOMES, Raissa Caroline. Revegetação de áreas degradadas por mineração na Floresta Nacional do Jamari e sua relação com a qualidade das águas superficiais. 2021. 154 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Sorocaba 2021.

[11] IMPERADOR, Adriana Maria. Percepções locais de manejadores comunitários sobre a certificação do conselho de manejo florestal (FSC) para produtos florestais não madeireiros no estado do Acre. 2009. 142 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

[12] IRAWAN, Renita Oktaviani et al. Sales monitoring information system at mojokopi coffee shop using website-based moving average method. Jurnal Mantik, v. 5, n. 2, p. 652-660, 2021. https://doi.org/10.35335/mantik.Vol5.2021.1377.pp652-660.

[13] IVERSEN, Anne-Mette et al. Clinical evaluation of an electronic hand hygiene monitoring system. American Journal of Infection Control, v. 51, n. 4, p. 376-379, 2023. https://doi.org/10.1016/j.ajic.2022.06.017.

[14] JEONG, Hyoyoung et al. Differential cardiopulmonary monitoring system for artifact-canceled physiological tracking of athletes, workers, and COVID-19 patients. Science advances, v. 7, n. 20, p. eabg3092, 2021.

[15] JIAO, Chenlei et al. Experimental research on a novel soil displacement monitoring system based on measurement unit cells (MUCs). Measurement, v. 211, p. 112605, 2023. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2023.112605.

[16] KRUEGER, Claudia Pereira et al. Posicionamento GNSS em tempo real: evolução, aplicações práticas e perspectivas para o futuro. Revista Brasileira de Cartografia, v. 72, p. 1359-1379, 2020. http://dx.doi.org/10.14393/rbcv72nespecial50anos-56620.

[17] LIMA, Filipe Augusto Xavier; CARVALHO, Fabiana Pereira de; SOUSA NETO, Eduardo Rodrigues de. Assistência técnica e extensão rural em assentamentos de reforma agrária: uma análise do monitoramento dos contratos. Redes. Revista do Desenvolvimento Regional, v. 25, n. 1, p. 316-341, 2020. https://doi.org/10.17058/redes.v25i1.12159.

[18] MOHAMMED, Karrouchi et al. Intelligent driver monitoring system: an internet of things-based system for tracking and identifying the driving behavior. Computer Standards & Interfaces, v. 84, p. 103704, 2023. https://doi.org/10.1016/j.csi.2022.103704.

[19] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. Manual do método científico-tecnológico: edição sintética. Florianópolis: DNS Editor, 2020.

[20] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. Handbook os the scientific-methodological method: synthetic edition. Manaus: DNS Editor, 2021a.

[21] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. O método científico-tecnológico: fundamentos. Manaus: DNS Editor, 2021b.

[22] NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. O método científico-tecnológico: questões de pesquisa. Manaus: DNS Editor, 2021c.

[23] PAITHANKAR, Deepak Narayan et al. Framework for implementing air quality monitoring system using LPWA-based IoT technique. Measurement: Sensors, v. 26, p. 100709, 2023. https://doi.org/10.1016/j.measen.2023.100709.

[24] PIERONI, Juan Pedro et al. Monitoramento sazonal da qualidade da água, na sub-bacia hidrográfica do córrego água limpa, em seu trecho afetado pela mineração de níquel, no município de Pratápolis, Minas Gerais. Geosciences= Geociências, v. 34, n. 3, p. 402-410, 2015.

[25] PRINTES, Liane Biehl et al. Biomonitoramento da área sob influência da exploração carbonífera através de testes de toxicidade com Cladocera (Crustacea; Branchiopoda). In: Centro de Ecologia. Carvão e meio ambiente. Porto Alegre: UFRGS, 2000. Cap. 27, p. 758-783.

[26] RANIERI, Victor et al. Potencial da ciência cidadã para o monitoramento dos impactos do uso público em um cenário de avanço das concessões. Biodiversidade Brasileira-BioBrasil, v. 12, n. 3, p. 305-321, 2022. https://doi.org/10.37002/biobrasil.v12i3.1935.

[27] REIS, Luciano Lopes et al. Monitoramento da recuperação ambiental de áreas de mineração de bauxita na floresta nacional de Saracá-Taquera, Porto Trombetas PA. 2006. 175 f. Tese (Doutorado em Ciências de Agronomia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

[28] RELJIĆ, Marko et al. Advanced continuous monitoring system: tools for water resource management and decision support system in salt affected delta. Agriculture, v. 13, n. 2, p. 369, 2023. https://doi.org/10.3390/agriculture13020369.

[29] ROCHA, Ana Cristina de Souza et al. O projeto de extensão universitária engenharia sustentável e suas ações na Unidade Barreiro da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 9, p. 70501-70528, 2020. https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-486.

[30] SESA, M.; MAHMUDDIN, F. Development of real-time monitoring system for an off-grid photovoltaic system. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. p. 012031. https://doi.org/10.1088/1755-1315/921/1/012031.

[31] SILVA, Jackson Henrique Braga da et al. ECG measurement uncertainty based on monte carlo approach: an effective analysis for a successful cardiac health monitoring system. Bioengineering, v. 10, n. 1, p. 115, 2023. https://doi.org/10.3390/bioengineering10010115.

[32] SINGH, Sanjay; SHANKER, Rama. Development of a robust structural health monitoring system: a wireless sensor network approach. Asian Journal of Civil Engineering, v. 24, n. 4, p. 1129-1137, 2023. https://doi.org/10.1007/s42107-022-00537-6.

[33] SOUSA, Kelienny de Meneses. Qualidade da atenção obstétrica e neonatal: boas práticas, eventos adversos e efeitos do checklist para parto seguro da OMS. 2020. 313 f. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal 2020.

[34] SOUSA, Rita dos Santos et al. Engenharia natural: o uso e avaliação de plantas de uma perspectiva de engenharia. Scientia, v. 9, n. 27, 2020a.

[35] SREENIVASU, S. V. N. et al. Cloud Based Electric Vehicle's Temperature Monitoring System Using IOT. Cybernetics and Systems, p. 1-16, 2023. https://doi.org/10.1080/01969722.2023.2176649

[36] UPADHYE, Sachin et al. Modeling of real time traffic flow monitoring system using deep learning and unmanned aerial vehicles. Journal of Mobile Multimedia, p. 477–496-477–496, 2023. https://doi.org/10.13052/jmm1550-4646.1926.

[37] VIEIRA, Paulo Márcio Souza; STUDART, Ticiana Marinho Carvalho. Proposta metodológica para o desenvolvimento de um índice de sustentabilidade hidro-Ambiental de áreas serranas no semiárido Brasileiro-Estudo de caso: Maciço de Baturité, Ceará. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 14, n. 4, p. 125-136, 2009.

[38] YAN, Zupeng et al. Wireless, noninvasive therapeutic drug monitoring system for saliva measurement toward medication management of schizophrenia. Biosensors and Bioelectronics, v. 234, n. 8, p. 115363, 2023. https://doi.org/10.1016/j.bios.2023.115363.

[39] YIN, Jianjun et al. Design and experiments of a real-time bale density monitoring system based on dynamic weighing. Sensors, v. 23, n. 4, p. 1778, 2023. https://doi.org/10.3390/s23041778.

[40] XIAO, Xinqing; WANG, Meng; CAO, Guoqing. Solar energy harvesting and wireless charging based temperature monitoring system for food storage. Sensors International, v. 4, p. 100208, 2023. https://doi.org/10.1016/j.sintl.2022.100208.

[41] ZHANG, Wei-Heng et al. Quantification of the value of condition monitoring system with time-varying monitoring performance in the context of risk-based inspection. Reliability Engineering & System Safety, v. 231, p. 108993, 2023. https://doi.org/10.1016/j.ress.2022.108993.

[42] ZHANG, Jicheng et al. Evaluation of a real-time monitoring and management system of soybean precision seed metering devices. Agronomy, v. 13, n. 2, p. 541, 2023a. https://doi.org/10.3390/agronomy13020541.

Capítulo 11

Sistema de monitoramento de consumo de energia em estações remotas com método fuzzy

Ronaldo de Andrade Ramalho, Alyson de Jesus dos Santos, Vitor Bremgartner da Frota, Daniel Nascimento e Silva

1. INTRODUÇÃO

Esta proposta de investigação pretende desenvolver um sistema de monitoramento de consumo de energia em estações remotas utilizando um ambiente de internet das coisas conjugado com o método fuzzy. Atualmente, estações instaladas em áreas remotas não possuem maneiras facilitadas de monitoramento de energia, sejam estações de rádio, seja de telefonia. O monitoramento de energia destas estações e dispositivos seria uma solução para a redução de custos com manutenção preventiva. O sistema proposto tem a capacidade de monitorar os índices de tensão e corrente através da aplicação da lógica fuzzy para verificar o estado da bateria. Isso permitirá identificar quando houver necessidade de troca da bateria antes que ocorra a interrupção do sistema.

Para que o consumo de energia elétrica seja adequadamente acompanhado e controlado é necessário que haja um sistema de monitoramento igualmente adequado. Um sistema de monitoramento pode ser tomado como uma integração de diferentes componentes para gerar um centro de backup e elaboração de dados dentro de uma plataforma de visualização dinâmica e interativa (SAVI, 2019). Esses dados se destinam a fornecer informações sobre um determinado conteúdo a partir da avaliação de parâmetros fornecidos pelo desenvolvedor que não podem ser por ele mensuráveis (MADETI, 2017).

O método fuzzy é uma maneira capaz de tornar mensuráveis esses consumos de energia elétrica em estações remotas. O método surgiu em 1965 e sua tradução foi colocada inicialmente como uma extensão da lógica tradicional. Mas uma proposição lógica não é necessariamente verdadeira ou falsa porque possui um multivalor (SANTOS; BENICASA, 2012). O método é capaz de tomar decisões, assim como realizar medidas, a partir de informações imprecisas. Ele representa uma técnica que incorpora um sistema controlado. Um método fuzzy tradicional pode ser desenvolvido para se comportar conforme o raciocínio dedutivo e tem sido utilizado como ferramenta mensurável em trabalhos das mais diversas áreas de atuação, como controle de qualidade de produtos acabados (ASSIS, 2017), auxílio do processo de decisão sobre áreas de pesquisas (SANTOS; BENICASA, 2012) e no controle ao combate à violência doméstica (FARIAS et al., 2011), dentre outros.

Assim, este estudo tem como objetivo desenvolver um dispositivo eletrônico programado com lógica difusa para ser utilizado como ferramenta para o monitoramento de consumo de energia em estações remotas. Tem em vista o desafio de monitorar o consumo de energia em estações remotas de forma eficaz e preventiva, permitindo a redução de custos com deslocamento de equipes e outros, inerentes aos sistemas de monitoramento existentes.

2. SISTEMA DE MONITORAMENTO: ARQUITETURA TEÓRICA

A análise da literatura apresentou processo e sistema como as duas abordagens mais frequentemente usadas para conceituar o monitoramento. A constatação é decorrente do agrupamento semântico dos termos encontrados no levantamento e respectiva análise dos dados. O termo processo foi citado no estudo de Laval (2021), Laval et al. (2020) e Schlegel, Van der Waal e Huchzermeyer (2019). O termo sistema foi o segundo mais citado, apontado nos estudos de Duldulao (2014), Mamseri (2012) e Hashim (2014). Processo tem o significado de técnica e habilidade e completa o termo Sistema no sentido de conhecimento adquirido através do estudo. A união de vários processos gera um sistema que concede informações a respeito de uma estrutura de que fazem parte.

Os termos análise e conjunto também aparecem como equivalentes a monitoramento, citados no estudo de Schelegel, Van der Waal e Huchzermeyer (2019). O termo conjunto foi citado nos estudos de Laval (2021) e Laval et al. (2023). Sob a perspectiva de monitoramento, o conceito de análise traz a ideia de ação que pode ser feita em um monitoramento e que proporcionará um conjunto de informações para a formação de um banco de dados que, por sua vez, informará a respeito de uma estrutura maior. A tabela 1 mostra os resultados encontrados no levantamento da literatura sobre as principais abordagens sobre os sistemas de monitoramento.

Quadro 1. Termos de equivalência de sistema de monitoramento

Autores	Termos de Equivalência	Grupo Semântico
Laval (2021); Laval et al. (20203); Schlegel; Van der Waal; Huchzermeyer (2019)	Processo	Informação
Duldulao (2014); Mamseri (2012); Hashim (2014)	Sistema	
Schlegel; Van der Waal; Huchzermeyer (2019)	Análise	Banco de dados
Laval (2021); Laval et al. (20203)	Conjunto	
Swinyard (2015); Musa (2017)	Descrição	
Golini; Landoni (2014)	Identificação	
Savi et al. (2019)	Integração	
Swinyard (2015)	Variável	

Fonte: dados coletados pelos autores.

O monitoramento também pode ser entendido como uma descrição, citado nos estudos de Swinyard (2015) e Musa (2017). A ideia de descrição é decorrente do fato de que o monitoramento precisa dar conta da realidade que monitora. É necessário, para isso, que descreva o que está acontecendo, para que essa descrição seja comparada com dados e informações previamente informada ao sistema, a partir da qual uma decisão poderá ser tomada. É isso o que dá sentido, por exemplo, ao termo identificação, encontrado no estudo de Golini e Landoni (2014) também como equivalente a monitoramento. É a partir da identificação de determinados aspectos da realidade que o sistema de monitoramento poderá gerar alternativas de decisão acerca do comportamento da realidade monitorada. Geralmente a identificação é feita a partir da integração dos dados e informações obtidos de diversas fontes de monitoramento (SAVI et al., 2019). Esses dados e informações são coletados e armazenados com base em determinadas variáveis (SWINYARD, 2016) que caracterizam o ambiente sob monitoramento.

A análise de literatura também possibilitou a descoberta de várias características dos sistemas de monitoramento. Como eram muito variadas, procedeu-se ao

agrupamento desses atributos em torno de suas equivalências e proximidades semânticas. O resultado gerou oito grupos semânticos das principais características de monitoramento, como mostra a tabela 2. O primeiro grupo foi definido como projeto a partir das indicações encontradas nos estudos de Duldulao (2012) e Schelegel, Van der Wall e Huchzermeyer (2019). Esse atributo quer dizer simplesmente que os sistemas de monitoramento são resultados de planejamento racionalizado, configurado em formato de projeto. Dito de outra forma, sistemas de monitoramento são materializações de projetos previamente delineados, como este.

A segunda importante característica dos sistemas de monitoramento é a ideia de processo. Esse agrupamento foi decorrente da junção do atributo procedimento (MUSA, 2017), que indica uma lista de coisas a serem realizadas, processamento (LAVAL, 2021; LAVAL et al., 2023), com o sentido de transformação de entradas em saídas, e processo propriamente dito (SWINYARD, 2015; HASHIM, 2014; MUSA, 2017; LAVAL, 2021; LAVAL et al., 2023), cujo entendimento é o de um sequenciamento racional que leva à materialização de um determinado objetivo ou cumprimento de determinada missão.

O terceiro agrupamento foi chamado de implementação para dar conta da concepção de que todo sistema de monitoramento é a consequência efetiva de uma operação (SCHLEGEL; VAN DER WALL; HUCHZERMEYER, 2019; DOUSIS, 2002). Isso significa, dentre outras coisas, que um projeto de monitoramento não é ainda um sistema de monitoramento, muito embora a existência de um sistema de monitoramento não pode dispensar a apresentação prévia de um projeto neste sentido.

Quadro 2. Atributos do Sistema de Monitoração

Referências	Atributos	Grupos Semânticos
Duldulao (2014); Mamseri (2012); Schlegel; Van der Waal; Huchzermeyer (2019)	Projeto	Projeto
Musa (2017)	Procedimento	Processo
Laval (2021); Laval et al. (2020)	Processamento	
Swinyard (2015); Hashim (2014); Musa (2017); Laval (2021); Laval et al. (2023)	Processo	
Schlegel; Van der Waal; Huchzermeyer (2019); Dousis (2002)	Implementação	Implementação
Dousis (2002); Laval (2021); Laval et al. (2023); Schlegel; Van der Waal; Huchzermeyer (2019)	Informações	Informações
Laval et al. (2023); Dousis (2002); Schlegel; Van der Waal; Huchzermeyer (2019); Golini; Landoni (2014)	Coleta	Coleta de dados
Laval (2021)	Coleta Dinâmica	
Schlegel; Van der Waal; Huchzermeyer (2019)	Avaliação	
Dousis (2002)	Relatório	Relatório
Musa (2017)	Relatório de Status	

Fonte: dados coletados pelos autores.

O quarto agrupamento mostra que os sistemas de monitoramento lidam com informações (DOUSIS, 2002; LAVAL, 2021; LAVAL et al., 2023; SCHLEGEL; VAN DER WAAL; HUCHZERMEYER, 2019). As informações são as matérias-primas dos sistemas de informações, razão pela qual os artefatos são construídos para a captação de dados (que são a matéria-prima das informações), avaliação e análise dos dados para a geração dos resultados e suas respectivas interpretações, que são, efetivamente, as informações que todo sistema dessa natureza busca.

O quinto agrupamento dos atributos dá conta das coletas de dados (LAVAL et al., 2023; DOUSIS, 2002; SCHLEGEL; VAN DER WAAL; HUCHZERMEYER, 2019; GOLINI; LANDONI, 2014). Um dado é todo registro acerca de determinado aspecto da realidade, como sexo, idade, presença, ausência etc., passível de ser captado de forma manual ou eletrônica, de forma estática ou dinâmica (LAVAL, 2021). Depois de coletados, os dados precisam ser avaliados (SCHLEGEL; VAN DER WAAL; HUCHZERMEYER, 2019) para que se tenha a garantia de que são válidos e confiáveis, para que possam, consequentemente, gerar informações capazes de estruturar o entendimento e o processo decisório.

Finalmente, o quinto agrupamento trata dos relatórios, que pode ser um relatório simples, em formato de documento (DOUSIS, 2002) ou de modo dinâmico, como nos status de dispositivos eletrônicos (MUSA, 2017). Os relatórios são uma característica dos sistemas de monitoramento porque eles têm a missão de mostrar o que está acontecendo na realidade de forma visível e compreensiva e sinalizar as possíveis discordâncias ou desconformidades de comportamentos da realidade frente ao que é esperado ou admissível. Os relatórios, enfim, são mecanismos que permitem e estruturam a tomada de decisão, seja ela feita por pessoas ou eletronicamente.

Com base no levantamento bibliográfico realizado, processo é o termo de equivalência que será utilizado neste trabalho. Este foi considerado o termo que melhor expressa a definição básica de monitoramento. Assim, monitoramento é o processo de coleta e análise sistemática de dados para a implementação de um projeto através do fornecimento de informações válidas para avaliar o estado de funcionamento de um sistema em relação a indicadores padronizados. O sistema simula o desempenho da realidade. Dito de outra forma, o monitoramento busca ser um processo que implementa dados acerca de um sistema. Para isso, coleta dados e informações sistemáticas, que alimentam um banco de dados, para serem manuseados com o auxílio da técnica mais adequada para o alcance do objetivo de monitoramento pretendido. É o caso, por exemplo, da lógica fuzzy, escolhida para este projeto.

A lógica fuzzy pode ser considerada um método de modelagem (DUBOS; ST-HILAIRE; BERGERON, 2023; MATEICHYK et al., 2023; SAFARI; HOSSEINI; MAZINANI, 2023). De acordo com os dados contidos na tabela 3, a revisão da literatura apontou oito termos de equivalências que, de acordo com a análise semântica, foram organizados em cinco agrupamentos semânticos. O primeiro foi modelagem matemática, com o sentido de que a lógica fuzzy apresenta suas explicações com base em um modelo de natureza matemática. Isso pode ser constatado a partir do estudo de Neves, Duarte e Alvarado (2019), com a concepção de modelo matemático, que significa uma representação da realidade com base em linguagem matemática. A ideia de modelo como representação também está presente nos estudos de Falcão (2002), Grecco et al. (2014) e Góes et al. (2020). O estudo de Marro et al. (2010) considera essa lógica como um sistema de modelagem, entendida a ideia de sistema como um conjunto de entradas que serão transformadas em algum tipo de resultado previamente definido.

O segundo grupo formado foi denominado conjuntos matemáticos para dar a conotação de que a lógica fuzzy lida com uma variedade de equações, cada qual com a sua característica. Por exemplo, o estudo de Tanscheit (2022) apresenta termos matemáticos justamente para dar conta de um conjunto de instruções que apenas a matemática permite compreender, enquanto o de Bezerra (2009) opta pelo termo sintético matemática para se referir à linguagem interpretativa e representativa da matemática.

Tabela 3. Termos de equivalência do método fuzzy

Autores	Termos de Equivalência	Grupo Semântico
Neves; Duarte; Alvarado (2019)	Modelo matemático	Modelagem matemática
Marro et.al. (2010)	Sistema de modelagem	
Falcão (2002); Grecco et al. (2014)	Modelo	
Góes et al. (2020)	Modelagem	
Tanscheit (2002)	Termos matemáticos	Conjuntos matemáticos
Bezerra (2009)	Matemática	
Borba; Souto-Maior; Murcia (2005)	Capacidade	Capacidade
Bauer; Nouak; Winkler (1996)	Lógica multivariada	Lógica multivariada

Fonte: dados coletados pelos autores.

O termo capacidade aparece como equivalente ao método fuzzy (BORBA, 2005) sob a perspectiva de ser facilmente aplicável em diversas metodologias, ou seja, é um método multifuncional e utilizável em diversas áreas. Finalmente, o método fuzzy é equivalente a lógica multivariada (BAUER, 1996) porque traz a alusão de um método que permite definir valores intermediários em 0 e 1, o que pode tornar mensuráveis medidas que são consideradas incertas e indefiníveis, seguindo a lógica do pensamento humano, que é multivariável.

Com relação aos atributos da lógica fuzzy, os dados contidos no quadro 4 sintetizam os achados da revisão da literatura. Foram criados três agrupamentos semânticos que tornaram compreensíveis as características essenciais do fenômeno sob estudo. O primeiro grupo foi definido como incerteza porque é a exigência fundamental para a aplicação da metodologia. A incerteza foi citada nos estudos de Marro et al. (2010), Santos e Benicasa (2012), Farias et al. (2011) e Borba, Souto-Maior e Murcia (2005) no sentido de que é uma lógica matemática capaz de coletar dados que são considerados como imprecisos e incertos tornando-os mensuráveis em sistemas que ainda não possuem essa aplicabilidade. O estudo de Bauer, Nouak e Winkler (1996) explica que a lógica fuzzy dá conta de mensurações intermediárias.

Mensurável foi outro agrupamento formado com o sentido de que a lógica fuzzy torna mensurável o que de outras formas não pode ser. A ideia de mensuração está presente no estudo de Bezerra (2009), que também é chamada de quantificação nos estudos de Borba, Souto-maior e Múrcia (2005) e Farias et al. (2011). O procedimento tem como habilidade tornar quantificáveis variáveis que, por sua própria natureza, tem subjetividade intrínseca. Isso quer dizer que é um método capaz de quantificar eventos ocorridos no passado, reduz a incerteza de eventos que possam acontecer futuramente e diminui os riscos de custos desnecessários.

Definir critérios também é uma definição para o método fuzzy segundo MORAES (2012) no sentido de que esse método é capaz de limitar fenômenos que são considerados vagos em sistemas humanísticos trazendo a possibilidade de serem tratados de maneira mais sistemática e sólida.

Tabela 4. Atributos do método fuzzy

Autores	Atributos	Grupos Semânticos
Marro et.al. (2010); Santos; Benicasa (2012); Farias et al. (2011); Borba; Souto-Maior; Murcia (2005)	Incertas	Incerteza
Bauer, Nouak; Winkler (1996)	Intermediários	
Bezerra (2009)	Mensurável	Mensurável
Borba; Souto-Maior; Murcia (2005); Farias et al. (2011)	Quantificação	
Neves; Duarte; Alvarado (2019)	Sistemas inteligentes	Sistema Fuzzy
Assis et al. (2017); Marro et.al. (2010); Santos; Benicasa (2012); Farias et al. (2011); Borba; Souto-Maior; Murcia (2005)	Lógica Fuzzy	

Fonte: dados coletados pelos autores.

De acordo com o levantamento bibliográfico, o termo de equivalência mais utilizado na literatura foi modelagem matemática, que é o que será utilizado no decorrer do trabalho. Esse termo expressa com mais exatidão a definição básica do método fuzzy. Neste sentido, a modelagem é a aplicação de conjuntos matemáticos que tem a capacidade de definir limites quantificáveis nas mais diversas aplicações, configurando, assim, um modelo de lógica multivariável. Isso está de acordo com a semântica original do termo, em inglês, que significa método nebuloso, que busca ser um sistema inteligente que, a partir da incerteza, coleta e mensura dados acerca de determinado evento, gera informações sistemáticas, que constituirão um banco de dados, e os transforma em um sistema de previsão, com dados alinhados e concisos.

A aplicação da lógica fuzzy se deve à estrutura de inferência que permite que as capacidades de raciocínio humano sejam aplicadas a sistemas artificiais (monitoramento computadorizados) baseados em conhecimento humano. A lógica fuzzy desempenha um papel importante no mecanismo de aprendizagem, adaptação, tolerância a falhas, paralelismo e generalização. Ela é geralmente muito usada para tratar as incertezas intrínsecas ou redes neurais computacionais. A incerteza existente é o domínio principal para a tomada de decisão difusa. Hoje em dia, nosso mundo é baseado no uso de produtos eletrônicos e computadores para controlar o comportamento de recursos do mundo real. Neste caso se pode ver a utilidade de aspectos fuzzy na realidade, geralmente em processo de decisão.

3. FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA

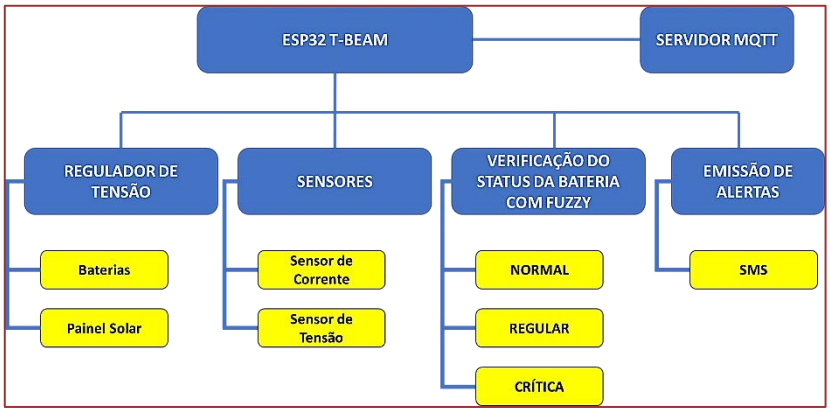
Este projeto pretende investigar a problemática de monitorar o consumo de energia em estações remotas de forma eficaz e preventiva. A solução deve permitir a redução de custos com deslocamento de equipes pelo desenvolvimento de um dispositivo eletrônico programado com lógica difusa (lógica fuzzy) para ser utilizado como ferramenta para o monitoramento de consumo de energia em estações remotas. Para isso será utilizada a arquitetura metodológica a seguir delineada.

3.1. ESTRUTURA ANALÍTICA DA TECNOLOGIA

A tecnologia em desenvolvimento neste projeto pode ser caracterizada como um dispositivo eletrônico, que será utilizado como interface para monitorar a energia e o consumo de energia em estações remotas. O dispositivo irá monitorar e captar os dados de consumo de tensão e corrente através de sensores. Será aplicada a lógica fuzzy nos

dados para identificar o estado da bateria. A estrutura analítica do sistema está expressa na figura 1.

Figura 1. Descrição do Sistema e suas componentes.



Fonte: elaborado pelos autores.

O sistema de sensores do dispositivo receberá informações de tensão e corrente dos componentes do regulador de tensão. Essas informações serão repassadas ao microcontrolador ESP32, que armazenará as informações que serão enviadas ao servidor MQTT, gerando gráficos de monitoração de tensão e corrente. As informações serão tratadas pelo lógica fuzzy, eFLL (Embedded Fuzzy Logic Library) e biblioteca fuzzy do Arduino. Com essas informações, o sistema definirá o estado da bateria naquele momento, classificando esse estado como normal, regular ou crítico.

A lógica fuzzy, diferente da lógica binária, trata de valores que ficam entre 0 e 1, ou seja, a lógica difusa usa valores intermediários para compor a resposta do sistema. Dessa forma a lógica fuzzy consegue abranger mais resultados e ampliar ainda mais o desempenho. No sistema proposto, a lógica fuzzy será usada para identificar de forma mais flexível o estado da bateria para aumentar o seu tempo de vida e garantir maior qualidade no uso do sistema.

Após a classificação pela lógica fuzzy do estado da bateria, se a situação for identificada como estado crítico, será gerado um alerta via SMS para a equipe técnica de manutenção poder agir, antes que ocorra a parada do sistema. A validação do estado da bateria será dada pela lógica fuzzy utilizando a especificação nominal do sistema, ou seja, serão levadas em consideração as capacidades mínima e máxima de tensão e corrente.

3.2. MATERIAIS

ESP32 T-BEAM: esta será a placa controladora. O ESP32 é uma placa de desenvolvimento de sistemas e dispositivos embarcados, que funciona com IDE do Arduino. Ela é composta por GPS, WiFi, Bluetooth e antena LORA. Será a responsável por receber as informações dos sensores dos índices de tensão e corrente e onde serão armazenados os dados e a lógica para tratamento via método fuzzy. Depois do tratamento dos dados, as informações serão enviadas ao servidor MQTT via internet. Em caso de alertas, a controladora enviará SMS de alerta para a equipe de manutenção.

Servidor MQTT: o servidor MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) é um servidor de IOT que utiliza comunicação de máquina para máquina M2M (Machine to Machine). Este componente irá tratar e expor em gráfico as informações oriundas da controladora. Aqui poderão ser acompanhados em tempo real os dados de tensão e corrente da bateria.

Regulador de Tensão: Este componente, como o próprio nome já diz, é um dispositivo capaz de regular a tensão de operação de um circuito elétrico, ou seja, regula para uma tensão de saída desejada todas as tensões de entrada do circuito. Dessa forma, o regulador de tensão mantém a tensão de saída constante, deixando o dispositivo em operação desejada. No sistema proposto, este componente receberá as tensões oriundas das baterias e do painel solar, mantendo-as reguladas na saída para o ESP32.

Sensores: sensor é um dispositivo que atua como resposta a um estímulo físico ou químico, produzindo sinal que pode ser interpretado em uma grandeza física, com o objetivo de medição ou monitoramento. O sistema será composto por dois sensores: de corrente e de tensão. Esses sensores irão monitorar os pontos de energia do circuito e enviar as informações para a controladora.

Verificação do Status da Bateria com Fuzzy: aqui estará a lógica do fuzzy. Com as informações enviadas pelos sensores de corrente e tensão, será possível determinar o status das baterias. A lógica fuzzy classificará as baterias em três estados: normal, regular ou crítica.

Emissão de Alertas: a lógica da emissão de alertas atenderá ao classificado pelo método fuzzy para o status da bateria, ou seja, caso a bateria esteja em status crítico, o alerta será enviado via SMS.

3.3. MÉTODOS

O método para desenvolvimento do sistema atenderá as seguintes etapas.

Análise do circuito eletrônico e suas componentes: nesta etapa será realizada a análise dos componentes do circuito eletrônico e suas conexões. Será averiguada a necessidade de acréscimo de outros componentes e realizada a conexão lógica em simulador para atestar a interligação física dos componentes.

Construção do protótipo em bancada: Após a etapa de análise do circuito eletrônico será construído um protótipo em bancada, atendendo à análise anterior. Nesta etapa, a atenção às conexões e verificação das tensões aplicadas devem ser conferidas. Aqui, o protótipo deve ter seu circuito eletrônico construído.

Desenvolvimento da lógica computacional do dispositivo: a programação do dispositivo seguirá nesta etapa. Aqui o controlador será configurado utilizando a IDE do Arduino. Toda a programação da lógica computacional será construída em linguagem C. Serão programadas as lógicas para a coleta de dados dos sensores, método fuzzy, configurações de conexão e gerenciamento de alertas via SMS.

Conexão do protótipo com o servidor MQTT: com a programação da lógica computacional concluída, é o momento de interligar a controladora ao servidor MQTT. Assim, nesta etapa será configurado no site da ThinkSpeak um canal de comunicação entre o servidor MQTT e o dispositivo, onde será possível tratar os dados que serão coletados, plotar os dados em gráficos e monitorar o sistema.

Aplicação de testes e coleta dos resultados: Aqui, o sistema estará completo e construído, em pleno funcionamento. Pode-se, então, realizar a etapa dos testes e coleta dos resultados. Nesta etapa serão testadas a lógica de funcionamento do método fuzzy, a geração de alertas de alarmes críticos e o sistema de monitoração. Também serão coletados os dados para a análise dos resultados e averiguação do desempenho do sistema.

AGRADECIMENTOS

Este artigo é o resultado do projeto de PD&I ARANOUÁ, realizado pelo Instituto Federal do Amazonas (IFAM) em parceria com a Samsung Eletrônica da Amazônia Ltda., usando recursos da Lei Federal nº 8.387/1991, estando sua divulgação e publicidade em conformidade com o previsto no artigo 39.º do Decreto nº 10.521/2020.

REFERÊNCIAS

[1] ASSIS, Luana Hoffmann et. al. Proposta de sistema baseado em lógica fuzzy como modelo de apoio a decisão para a qualidade do produto acabado em uma microcervejaria brasileira. Revista Espacios, v. 38, n. 23, p. 31, 2017.

[2] BAUER, Peter; NOUAK, Stephan; WINKLER, Roman. A brief course in fuzzy logic and fuzzy control. Energy Systems Research Unit, Department of Mechanical Engineering. University of Strathclyde. Retrieved May, v. 10, p. 2005, 1996.

[3] BEZERRA, Saulo T. M. Sistema Fuzzy para controle piezométrico de sistemas de distribuição de água visando à economia de água e energia. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

[4] BORBA, Jose Alonso; SOUTO-MAIOR, Cesar Duarte; MURCIA, Fernando Dal-Ri. Contemplando a subjetividade do 'target costing': uma abordagem experimental baseada na logica fuzzy (Nebulosa). In: Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC. Florianópolis, Santa Catarina, 28 a 30 de novembro de 2005.

[5] DOUSIS, Dimitri A. V-22 tiltrotor aircraft vibration monitoring from design to field operations. In: Proceedings, IEEE Aerospace Conference. IEEE, 2002. p. 6-6. https://doi.org/10.1109/AERO.2002.1036147.

[6] DUBOS, Véronique; ST-HILAIRE, André; BERGERON, Normand E. Fuzzy logic modelling of anadromous Arctic char spawning habitat from Nunavik Inuit knowledge. Ecological Modelling, v. 477, p. 110262, 2023. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2022.110262.

[7] DULDULAO, Maria Angelica T. NIH-TRB research monitoring and tracking information system (ReMTIS 2.0). 2014. 117 f. Monografia (Graduação em Computer Science). University of Philippiness Manila, Manila, 2014.

[8] FALCÃO, Djalma Mosqueira. Conjuntos, lógica e sistemas fuzzy. Rio de Janeiro: UFRJ, 2002.

[9] FARIAS, Adriana M. G.; LOPES, Danniel C.; CASTRO, Angélica F.; MAGALHÃES, Renato V. Sistema fuzzy no combate de violência doméstica. Anais do 10th Brazilian Congress on Computational Intelligence (CBIC'2011), November 8 to 11, 2011, Fortaleza, Ceará, Brazil.

[10] GÓES, Bruno César et al. Método de utilização do Fuzzy Logic Toolbox do software MATLAB para modelagem matemática de variáveis biométricas e nutricionais da cultura da soja. Research, Society and Development, v. 9, n. 10, p. e4329108938-e4329108938, 2020. https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8938.

[11] GOLINI, Ruggero; LANDONI, Paolo. International development projects by non-governmental organizations: an evaluation of the need for specific project management and appraisal tools. Impact Assessment and Project Appraisal, v. 32, n. 2, p. 121-135, 2014. https://doi.org/10.1080/14615517.2014.894088.

[12] GRECCO, Cláudio Henrique dos Santos et al. Safety culture assessment: A fuzzy model for improving safety performance in a radioactive installation. Progress in Nuclear Energy, v. 70, p. 71-83, 2014. https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2013.08.001.

[13] HASHIM, Fatin Syazwana Binti. Implementing of AHS for process monitoring evaluation system. 2014. 24 f. Monografia (Graduação em Chemical Engineering). Universiti Malaysia Pahang, Pahang, 2014.

[14] LAVAL, Jannik et al. Analysis of data exchange among heterogeneous IoT systems. In: ARCHIMÈDE, B.; DUCQ, Y.; YOUNG, B.; KARRAY, H. (Eds.). Enterprise Interoperability IX I-ESA 2020: Proceedings of the I-ESA Conferences, vol 10. Cham: Springer, 2023, p. 73-82. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90387-9_7.

[15] LAVAL, Jannik. The pulse project: a framework for supervising data exchanges in an IoT system. In: Automation, Robotics & Communications for Industry 4.0; Proceedings of the 1st IFSA Winter Conference on Automation, Robotics & Communications for Industry 4.0 (ARCI' 2021), Chamonix-Mont-Blanc, France, February 3rd to 5th, 2021, p. 74-76.

[16] MADETI, Siva R. Monitoring system for photovoltaic plants: a review. Renewable and Sustainable Energy, v. 67, p. 1180-1207, 2017. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.088.

[17] MAMSERI, Redempta Alex. The nursing process as a means of improving patient care. 2012. 174 f. Dissertação (Mestrado em Health Studies). University of South Africa, Pretoria, 2012.

[18] MARRO, Alessandro Assi et al. Lógica fuzzy: conceitos e aplicações. Natal: UFRN, 2010.

[19] MATEICHYK, Vasyl et al. Evaluating vehicle energy efficiency in urban transport systems based on fuzzy logic models. Energies, v. 16, n. 2, p. 734, 2023. https://doi.org/10.3390/en16020734.

[20] MUSA, Salwa Bakheet Mohammed. Monitoring and protection system for sensitive instruments to power line disturbances. 2017. 95 f. Dissertação (Mestrado em Electronics Engineering). University of Bahry, Bahry, 2017.

[21] NEVES, Eder Pereira; DUARTE, Marco Aparecido Queiroz; ALVARADO, Francisco Villarreal. Sistema baseado em regras fuzzy para avaliação da qualidade da água. CQD-Revista Eletrônica Paulista de Matemática, v. 14, p. 95-109, 2019.

[22] SAFARI, Aref; HOSSEINI, Rahil; MAZINANI, Mahdi. An adaptive intelligent type-2 fuzzy logic model to manage uncertainty of short and long time-series in covid-19 patterns prediction: a case study on Iran. Computational Intelligence in Electrical Engineering, v. 14, n. 1, p. 109-122, 2023. https://doi.org/10.22108/isee.2022.130091.1501.

[23] SANTOS, Jéssica S.; BENICASA, Alcides A. Modelo de sistema fuzzy para apoio ao processo de decisão sobre áreas de pesquisa. In: Semana de Informática da Universidade Federal de Sergipe, 2., 2012, Itabaiana. Anais eletrônicos... Itabaiana: DSI/UFS, 2012. p. 37-40, Sergipe, 2012. p.38

[24] SAVI, Roberto et al. Application of innovative monitoring tools for safety and alert procedures in road tunnels. Transportation Research Procedia, v. 40, p. 1540-1547, 2019. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.213.

[25] SCHLEGEL, P.; VAN DER WAAL, B.; HUCHZERMEYER, N. Biophysical Monitoring of the Upper Tsitsa River Catchment (T35 Ae): TSITSA project. Makhanda, South Africa: Rhodes University, 2019.

[26] SWINYARD, Adam Chakraborty. Organizational monitoring systems and student academic achievement. 2015. 136 f. Tese (Doutorado em Education). Seattle Pacific University, Seattle, 2015.

[27] TANSCHEIT, Ricardo. Sistemas fuzzy. Rio de Janeiro: PUC, 2004.

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

@editorapoisson

https://www.facebook.com/editorapoisson